# EL HIERRO

## SUS CORTES Y ENLACES

POR

**Antonio Rovira y Rabassa**

Académico de la de Bellas Artes de Barcelona, Arquitecto y Catedrático
de la asignatura de la Estereotomía de los Materiales
en la
Escuela Superior de Arquitectura
de la referida ciudad

Ουδείς δύναται διδασκειν, εάν
μή ῆ ύπὸ παιδεία τοῦ Θεοὺ

PLATON, *Epinomis*

**TEXTO**



BARCELONA

LIBRERÍA DE RIBÓ Y MARÍN

Calle de Pelayo, número 46

IMPRENTA DE LA CASA P. DE CARIDAD, MONTEALEGRE, N.° 5—BARCELONA



# CAPÍTULO PRIMERO

## OJEADA HISTÓRICA

1. **Principios.**—Difícil se hace descorrer el velo que oculta el primitivo origen, descubrimiento y uso del hierro, así como de exponer los pristinos procedimientos que se pusieron en práctica para extraerlo de los minerales en que va envuelto; semejante tarea es poco menos que imposible; la historia de los más antiguos orígenes del hierro, es verdaderamente un dato inaccesible, sin que por otra parte se vea el medio de poderlo alcanzar; toda vez que de la lectura de los autores más antiguos, no se desprende ninguna noticia, que permita, ni siquiera rastrear las teorías y prácticas metalúrgicas de este metal; pués si bien las Sagradas Escrituras, así como la inspirada poesía, y la fantasía de la fábula, hacen del referido metal, alguna que otra referencia, ello sin embargo, tiene lugar, en conceptos tan restringidos, escuetos y como de paso, que los datos, ellos por sí solos, no son suficientes para inferir satisfactoriamente bases fundamentales. Además, cuando los poetas hacen del hierro referencia, ya se habían mostrado sus efectos en los campos de batalla, habiendo sido no pocas veces árbitro este metal para dar la victoria á la hueste contendiente que con él contaba, con mayor cantidad en su armamento.

Sin embargo, á pesar de semejante contrariedad, la ciencia cosmogónica y la geología, ayudan siquiera momentáneamente, á guiar en tan escabroso camino, y con ello, poder salvar la laguna que media, desde el primer mojón de la prehistoria, hasta alcanzar el primer límite de la historia propiamente dicha, sólo en vista de los estudios é indagaciones

de sabios ilustres y nunca bastante alabados como se merecen sus trabajos.

Con ello podemos inferir desde luego, que la aparición del hombre sobre la tierra, es un hecho culminante, á partir del cual, arranca la prehistoria, y como quiera la existencia de aquel, viene plenamente comprobada, examinando el trabajo de los objetos que le eran de más indispensable necesidad, los cuales suelen encontrarse de cuando en cuando en escavaciones, cavernas, en virtud de las constantes investigaciones que tienen lugar; encontrándose aquellos muchas veces, con restos de fósiles, procedentes de animales hoy de especie extinguida; y todos estos hallazgos teniendo lugar en la primera formación del período cuaternario, ó muy poco antes, de aquí que se parte en general de este período, para el comienzo de la prehistoria.

El período prehistórico lo divide la ciencia en tres épocas, y cada una de ellas, depende de la clase del material de que se valía el hombre, para hacerse con los útiles é instrumentos por los que llevaba á cima su trabajo, dependiente de sus necesidades, usos, defensa, etc., indicando hoy su estudio comparado, la prelación de semejante labor y dando á la vez idea de los distintos estados de adelanto, que con su perfeccionamiento, permite distinguir las varias etapas progresivas, que iba alcanzando la civilización. Tales son las épocas siguientes: la primera la de la Piedra, la segunda la del Bronce, la tercera la del Hierro.

Semejante división que empieza con la Piedra, indica desde luego que en la época más primitiva no se conocían los metales, hecho, que se explica fácilmente, teniendo en cuenta que el metal, no se ostenta generalmente de una manera directa, á la faz del hombre, como así sucede con la piedra y la madera, sino que antes al contrario, viene hasta cierto punto como oculto, al presentarse combinado con otros cuerpos que le quitan su característico aspecto, así como le velan sus principales propiedades, que en él pueden apreciarse á la simple inspección, si está desligado del mineral que le aprisiona. He aquí, por qué á partir de la aparición del hombre sobre la tierra, transcurriría algún tiempo sin que semejantes circunstancias fuesen apercibidas.

Sin embargo, andando el tiempo y mediando por otra parte el precedente, de aparecer algunos metales solos en las piedras que los contienen, y por otra, de sobrevenir hechos



fortuitos, ó debidos al acaso, como son desgregaciones, fuego del cielo, etc., harían que se pusieran en evidencia semejantes propiedades, lo bastante notorias, para que los hombres ensayaran su empleo, en los usos más apremiantes, empleándolos poco á poco, hasta conocer lo trascendental de su utilidad, en la mayor parte de manifestaciones en que tiene lugar el desarrollo de las artes industriales, que trascienden al bienestar y pujanza de la vida humana.

La opinión de que en los primeros tiempos el hombre no conocía los metales, y por lo tanto, hacía abstracción de ellos, para sus usos; está en cierto modo explicado, con solo considerar, que aun hoy día, existen en ciertas regiones de ambos continentes, pueblos incivilizados, ó de civilización muy embrionaria, entre los cuales se desconoce el uso de los metales, en virtud de lo cual, da origen este precedente para suponer que los pueblos actuales que están en lo lleno de la civilización, pasaron en su principio, por los mismos estados elementales de aquellos que, hoy se tienen como salvajes.

La época de la piedra se divide á su vez en otras dos grandes épocas; la de la piedra simplemente tallada (Paleolítica). La de la piedra pulimentada (Neolítica) cual viene acusada por el trabajo más acabado y cuidadoso de los objetos.

Partiendo pues las observaciones de la primera época, claro es que con la imaginación hemos de remontarnos á las primeras edades ó sea en el período que fué posible la existencia del hombre, ya que su aparición, se señala por sus rudimentarias creaciones, pues la necesidad obliga aunque fuese movido si se quiere, por el simple instinto; así es, que el estudio detenido de sus embrionarias producciones dará cuando menos, un pálido reflejo de su estado, de su modo de ser, y de los medios de que echaba mano, para satisfacer las prácticas que impone el modo de vivir (1).

Un fenómeno inusitado, debido á circunstancias muy com-

(1) Sobre este particular, y en una de sus conocidas poesías, Horacio, describe en su fantasía lo que era el hombre en aquel entonces, andando, por cierto, bastante exagerado en su opinión cuando dice: *Semejante á las bestias, se arrastraban en su principio por el suelo, cual mudo y sórdido rebaño disputándose la presa, primero con las uñas y los puños, después con palos, y por último, con armas que la experiencia les había enseñado á fabricar. Luego hallaron palabras y nombres para expresar sus ideas y sensaciones, y cansados al fin de la guerra, comenzaron á fortificar sus ciudades, etc.*

plejas, y que hasta ahora no ha tenido aun una explicación del todo satisfactoria, tuvo lugar á principios de la época cuaternaria. Sobrevino en el continente europeo, un enfriamiento relativamente rápido y extraordinario, en virtud del cual, se cubrió de hielo una gran parte de dicha región, abarcando desde los polos á las latitudes más meridionales, y descendiendo desde los altos de las montañas, hasta las llanuras. Así, las masas de hielo se acumularon de una manera prodigiosa, y como por otra parte las partes bajas del continente, estaban cubiertas por el mar, sólo quedaron libres, algunas mesetas á las cuales se acogieron el hombre y los animales que huían de aquel frío mortal. Semejante fenómeno, ocasionó el aniquilamiento de muchas generaciones de animales, y que también debió alcanzar en parte, á la especie humana, desprovista de medios para preservarse del rigor del crudísimo invierno tan universal como repentino. Mas después de un período más ó menos largo, los hielos se disolvieron, las aguas fueron entrando al bajar de nivel, en su cauce general, y la temperatura, fué otra vez elevándose paulatinamente, hasta llegar á normalizarse, como la que tenía en las estaciones anuas y ordinarias.

Los descubrimientos hechos en las cavernas y grandes socavones, en el seno de las montañas y el hallarse en ellos restos importantes de fósiles, pertenecientes á animales hoy desaparecidos, como son los llamados *elephas primigenius*, el *elephas antiquns*, el *ursus spelæus*, el *megaceros hibernicus* y tantos hoy desaparecidos, y estos restos mezclados algunas veces con otros humanos, así como también útiles é instrumentos de piedra á propósito para la elaboración de objetos, y como imitando armas ofensivas, ha sido lo bastante para que el estudio detenido y concienzudo hecho por varias notabilidades peritas en la materia, dedujeran varias conclusiones, dejando probado, que esta generación humana era *troglodita*, razón por la cual, se conociera al hombre de esta época, con el nombre de *hombre de las cavernas*.

Estas cavernas ya eran naturales, formando grandes recintos ó huecos en las mismas peñas, debido á la estructura propia ó dependientes de fenómenos terrestres, ó ya producidas artificialmente por el trabajo del hombre, haciendo grandes socavones en el escarpe montañoso.

Para todas estas operaciones, y luego para la no ménos importante necesidad, cual era la defensa contra las manadas



de fieros animales que pululaban á su alrededor, le eran indispensables armas, y estas se las proporcionó la misma naturaleza, y de aquí el hallazgo de cuchillos, hachas y puntas de piedra para lanzas y flechas toscas y simplemente tallada y labor precisa para que afecte forma burda en su bisel y sus puntas. También por los vestigios hallados en la caverna se colije que ya el hombre de la edad de piedra, había hecho la conquista del fuego, y esto debido quizá á un accidente casual, acaso cogería alguna vez, materias abrasadas por el sol, ó bien un rayo caído en medio del bosque, le daría á conocer providencialmente lo que ignoraba.

Emplearía quizás para producirlo, los mismos procedimientos que se emplean aun hoy día en algunos países salvajes (1). Les llamaría la atención, el sinnúmero de piedras silex (pedernal), diseminadas por el suelo, cuyas, por estar terminadas por aristas vivas, se prestan á funcionar cual lo harían instrumentos cortantes; he aquí como aprovechando semejante conyuntura, las reduciría á dimensiones á propósito para ser manejables, rompiéndolas con el auxilio de otras piedras de mayor dureza, y entonces, fijando aquellos fragmentos, en los extremos de otros tantos mangos, valiéndose de juncos, tendones de animales. etc., que hicieran el oficio de fuertes ligaduras, llegarían á obtener finalmente, aunque burdamente, el hacha ó martillo embrionario, y así poder trabajar con dichos útiles.

---

(1) Sobre este particular, el naturalista Taylor, en su obra titulada *Die Herabkunft des Feners* (origen del fuego), indica varios procedimientos, algunos de ellos, aun todavía hoy, puestos en práctica entre gentes y pueblos extraños á toda civilización.

Entre los medios artificiosos que relata, consiste uno de ellos, el más primitivo, esto es, del frotamiento continuo de dos trozos de leña seca, el cual aparece modificado luego según las varias regiones donde se usa; así por ejemplo, en la Nueva Zelanda, dice que emplean un palo-varilla aguzado (L.ª 1.ª, F.ª 5.ª), al cual se le comunica un movimiento rápido de traslación rectilíneo, avanzando ó atrasando y frotándolo por su punta sobre un trozo de madera seca, de una clase especial llamada *hibiscus tiliaceuç*, este procedimiento lo llama Taylor con el nombre de *Stickaud growe*.

Segundo procedimiento, conocido por Taylor con el nombre de *fire drill*, usado en Australia y en Méjico desde tiempo inmemorial, y consiste en una varilla de madera cuya extremidad inferior está aguzada; descansa verticalmente en un agujero practicado en un trozo de madera seca. En esta disposición, se le hace girar con las dos manos y de una manera rápida, ejerciendo al mismo tiempo presión

Luego inventaría el arco, formando con los *silex* puntas de flecha, pudiendo así detener en su carrera á los animales más ligeros. Semejantes instrumentos, vienen comprobados por el gran número de ellos encontrados en las cavernas. Basta un golpe seco, aplicado convenientemente, para que se desprenda una hoja cortante, que sirve muy bien de cuchillo.

Sencillos é irregulares en su principio todos estos instrumentos, revelan poco á poco más ingenio, como si se comprendiera mejor las cualidades que habían de reunir, y en otros, se reconoce la operación mecánica del pulimento, así es que, á medida que el tiempo avanza y las edades se suceden, obsérvanse nuevas fases y manifestaciones de verdadero progreso. Descúbrense modificaciones en la estructura y labrado, que ahora aparece más prolijo y hasta pulimentados nuevos instrumentos, como son: sierras de piedra, punzones, objetos de ornato; como collares, medallas, vienen corroborando el adelanto de semejante y especial industria.

El abrigo natural que antes prestaban las cavernas, se cambia paulatinamente por recintos cercados de pétreos muros, formados por simples superposiciones de grandes bloques, y así aparecen las moles de la edad megalítica. De ellas se encuentran notables ejemplos en los dos hemisferios. En estas masas que bien podríamos decir que son el naci-

vertical sobre dicha madera. Semejante operación está representada en la (F.ª 6.ª) cuyo dibujo proviene de una pintura de un antiguo monumento de Méjico, descubierto por el mencionado Taylor.

Igual procedimiento emplean los esquimales, aunque el movimiento rotatorio del vástago vertical, se desarrolla por medio de una cuerda arrollada de tal modo, á dicho vástago ó varilla, que una vez ésta, puesta en posición, y apoyada en su parte inferior; con los dientes del operador, éste, desarrolla la cuerda, tirando ya hacia la derecha, ó á la izquierda, tal como demuestra la (F.ª 7.ª) cuya, basta para detallar el método sin más explicaciones.

Tercer procedimiento que Taylor llama el *Pump-drill,* puesto en práctica por los salvajes americados (F.ª 8.ª), consiste también, en una varilla cilíndrica y de madera, afilada en su parte inferior, mantenida vertical é introducida en un agujero practicado en un trozo de madera seca, y luego hacerla girar rápidamente, valiéndose de un arco sujeto en sus extremos por medio de una cuerda, que luego se arrolla en la misma varilla cilíndrica. Viene á ser en principio, el instrumento que emplean los torneros y también los carpinteros para taladrar.

Obtenido el fuego, ya se comprende que las substancias combustibles para recibirlo, serían las hojas secas, las cortezas, fibras vegetales, etc.



miento del arte de construir, vienen ya formando monolitos, ó ya en masas producidas, acumulando las piedras como en montón, ya aparecen como en túmulos y como á guisa de pirámides truncadas, formadas con tierras, como á tapiales, ya sirven para conmemorar un hecho digno de mención imperecedera, ya erigidas en honor de un personaje notable, ya también como á simples tumbas; y así se levantan los monumentos conocidos con los nombres de Menhir, Dolmen, Galerías cubiertas y otros que más posteriormente habían de continuar los llamados Celtas.

2. Edad del Bronce.—Al período de la piedra pulimentada, sucedió el que se conoce, ó se ha convenido en llamar *edad del bronce.* Es ley ineludible é innata á la naturaleza del humano ser, ir avanzando sin cesar en la senda del progreso, é ir perfeccionando las creaciones de su espíritu. El descubrimiento de los metales, le abrió vastos horizontes para ensanchar sus conquistas artísticas é industriales, proscribiendo la piedra y sustituyéndola por otra substancia menos vulnerable á la acción de la percusión, siendo de mayor resultado en sus efectos, y más persistente en su duración, en medio del trabajo.

El oro sería el primero de los metales que conocería el hombre, llamándole la atención, el áureo brillo, que le es característico, además, el oro, suele ser arrastrado por las aguas de muchos ríos, cuales, serpenteando en sus movimientos, evidenciaría lo reluciente del metal, interesando más la vista del observador; y así no tardaría en caer á sus manos, tratando de aprovecharlo para sus distintos usos particulares.

Después del oro, sería el cobre, que también llamaría su atención, pues este metal aparece muchas veces en el estado nativo, y además, porque los metales cupríferos, y en particular las piritas de cobre, son abundantes y se hallan muy extendidas. Mas la extracción de ese metal es una operación muy delicada, algo prolija, y no se hallaba al alcance de los medios de que en aquel entonces podía disponer el hombre.

El descubrimiento del estaño, data también de remota antigüedad, y con él puede hacerse igual observación que con el cobre, y es, que pasaría mucho tiempo antes de poderlo extraer del mineral, por las dificultades que son consecuencia de semejante operación.

Ahora bien, el bronce está formado por la aleación del

cobre con el estaño (nueve partes de cobre y una de estaño), y precisamente esta aleación fué la primera substancia metálica empleada, que data de los tiempos prehistóricos. Se presenta, pues, algo extraño al observador, que fuese precisamente aquella aleación y no un metal puro, la primera substancia conocida empleada. También parece singular á primera vista, que se hubiera empezado por hacer uso de la citada aleación, en lugar del hierro, cuyos yacimientos son tan abundantes; mas semejante anomalía desaparecerá si se tiene en cuenta, que los minerales de hierro, llaman menos la atención que los de cobre y estaño; además, la extracción del hierro, es una operación muy dificultosa, atención hecha de que al tratarlos, no se obtiene desde luego sino una substancia muy impura, que apenas tiene ninguna cualidad de los metales y que por lo áspera y quebradiza, no difiere mucho de una piedra, en cuanto al uso que de ella se puede hacer. Para sacar el hierro de esta substancia impura, se necesitan todos los recursos de una ciencia metalúrgica bastante avanzada, y por el contrario, fundiendo sencillamente los minerales de cobre y estaño, con un poco de carbón, se obtiene desde luego el bronce, sin que sea necesario haber extraído precisamente el cobre y el estaño puro.

Tal es la explicación, que los primeros metalurgos hayan fabricado el bronce, sin conocer los metales que entran en su composición.

No pueden hacerse sino hipótesis, acerca de las circunstancias que indujeron á los primeros hombres, á mezclar los minerales de cobre y estaño y á preparar el bronce, aleación fusible y dura y por consecuencia á propósito, para ser empleada en la fabricación de instrumentos mecánicos.

El bronce tenía cualidades de la mayor importancia, para la industria naciente de la humanidad: era más fusible que el cobre, y también más duro, rivalizando en este punto con el hierro. Enrojecido al fuego y sumergiéndole acto continuo en agua fría, es muy dúctil y se puede martillar fácilmente, sin que por esto deje de contraer luego su primitiva dureza, y si después se vuelve á calentar, dejándole enfriar de nuevo, adquiere las propiedades del acero.

Semejantes consideraciones, son bastantes para tener una explicación, de como se usara el bronce antes que el hierro en todos los pueblos de Europa y Asia.

En el hecho, de no encontrar apenas cobre fabricado, en



los monumentos prehistóricos, se fundan ciertos arqueólogos, para sostener que el bronce fué importado en Europa, por un pueblo que vino del Oriente, y que más civilizado, habría quizás conocido el cobre puro, haciendo uso de él en sus diversas aplicaciones. Ese pueblo procedente del Asia, invadiría la Europa, reemplazando á los moradores primitivos, de modo que en nuestros países, el bronce sustituiría bruscamente á la piedra, con que se fabricaban las armas é instrumentos.

En resumen, el bronce se ha usado antes que el hierro, en la industria primitiva de Europa y Asia; los pueblos de nuestro hemisferio lo conocieron antes que el cobre y el estaño puro, y esto es lo que se sabe con seguridad.

Pudo suceder muy bien, que se emplearan sólo el estaño y el cobre, y que más tarde se concibiese la idea de alearlos, á fin de corregir con el uno, uno de los defectos del otro, pero los hechos demuestran por lo que hace á Europa, que no fué así, y que el bronce se usó en la industria primitiva, antes que el cobre y el estaño se conocieran aisladamente.

Los vestigios de las fundiciones primitivas se han descubierto principalmente en Devaine, en Walfinger, en Echalleus y en Morgues. El moldeado se hacía con moldes de tierra, por ser los más fáciles de construir.

Para preparar este metal. mezclábase el estaño oxidado, en la proporción que había enseñado la experiencia, con el mineral de cobre, añadiendo cierta cantidad de carbón y se ponía el todo en una vasija de barro, situada en el centro de un hornillo, provisto del fuego necesario. De este modo, reducíanse los dos óxidos al estado metálico, y el cobre y el estaño, libres de la escoria se aleaban formando el bronce. Una vez conseguido esto, bastaba verter el compuesto con cazos de metal, en moldes de tierra ó de piedra, preparados de antemano.

El arte de fundir el bronce debió ser de gran importancia entre los pueblos primitivos, pues no había instrumento alguno que no pudiera fabricarse, vaciándolo en dicho metal; hasta las hojas de las espadas se hacían por este procedimiento, y para endurecer el filo del arma, comenzábase por calentarle, se enfriaba luego de pronto y se golpeaba en seguida con un martillo de piedra. Los bronces viejos, así como los utensilios que no servían, se conservaban cuidadosamente para volverlos á fundir, dándoles otra forma. Excusado es decir, que bajo semejantes prácticas y procedimientos, les era ya

fácil poder obtener en la fabricación, toda clase de objetos incluso los más delicados que sirven para adorno y dijes, y así del gran número de armas, que sería prolijo enumerar. Se han encontrado gran cantidad de collares, pulseras, cadenas, medallones y hasta cuerpos terminados, por toda clase de superficies.

3. **Inconvenientes del Bronce.**—El conocimiento del bronce, fué un gran paso, para el progreso de la industria, comunicando un nuevo impulso á la civilización naciente, pero este metal, estaba lejos de reunir todas las condiciones necesarias para que fuera preferido á los demás en las aplicaciones industriales, toda vez que no tiene la dureza ni la maleabilidad suficiente. para construir buenos útiles, y se compone, además, de metales que abundan relativamente poco en la naturaleza. Se necesitaba otro, cuya adquisición fuese más fácil, que tuviera más dureza, y se pudiese trabajar con más facilidad, prestándose á todos los usos que exige el trabajo industrial, tan múltiple en sus diversas aplicaciones.

Este metal se encontró al fin, y entonces ábrese una nueva era para el porvenir de la humanidad: se aprendió á extraer el hierro, el verdadero rey de los metales, por sus cualidades inapreciables, y desde el día que pudieron usarlo los hombres, y se perfeccionó su trabajo, merced á una inteligente actividad, quedó asegurada para siempre, la civilización, bajo las más sólidas bases.

Con justa razón, se ha llamado pues, *edad del hierro*, al último período del desarrollo de la humanidad primitiva, y no es de extrañar por lo tanto, que al terminarse aquella, comenzaran los tiempos históricos, por cuanto, á partir desde entonces, cesó para el hombre ese estado semisalvaje.

4. **Edad del Hierro.**—Según Isidoro (Libro XVI. Capítulo XX), la etimología de la palabra *hierro*, es latina, y proviene de la palabra *ferrum*, de los latinos. que á su vez viene de *far*, que significa *grano*, refiriéndose con ello á la Agricultura, en la cual el hierro desempeña tan importante servicio.

Landrin, cree aun estar más en lo cierto, por lo lógico; que si bien proviene la palabra hierro de la palabra *far*, esta, sin embargo se ha de formar de la raíz hebrea, cuya misma palabra *far*, significa *cortar*, cuya acción, es la principal propiedad del hierro, apoyando dicha su opinión, en un versículo de la profecía de Daniel.



Mas sea como fuere, el hierro se conocía bajo el nombre de Barcel entre los hebreos; por *Sideros* (ςορπδιν), entre los griegos, *Pharzel*, entre los Caldeos, por *Ferrum*, entre los latinos, *Fer* por los franceses, *Birmia* por los Vascos, Ivon por los ingleses, *Eiven* por los alemanes, y finalmente *Hierro* en España como procedente de la antigua palabra *Fierro*.

Durante la edad de bronce, se había adelantado lo bastante el arte de la metalurgia, para que á su vez, pudiera desbrozar el camino que condujera á la obtención y trabajo del hierro. Y en efecto, forzoso les había sido, la instalación de grandes centros donde el bronce se preparase, y una vez esto obtenido, preciso era darle las formas requeridas por los distintos útiles é instrumentos, cuya construcción se deseaba, trabajando en ellos los obreros, y adquiriendo prácticas en su arte, que habían de ser trasmitidas á sus sucesores.

También era conocido el arte de moldear, cual había llegado á un grado de relativo adelanto, como lo comprueban las piezas colosales de bronce, que de esta remota época han aparecido, así como la diversidad de útiles é instrumentos de esta clase.

No se ignoraban las modificaciones físicas que experimenta el bronce, cuando se le sujeta á un enfriamiento gradual; esto es, la operación del *temple*. Véase la espada de bronce (L.ª 1.ª, F. 1.ª) existente en el museo de Neufchatel; mide 39 centímetros de longitud y tiene cuatro ranuras, es decir, dos á cada lado, que vienen á reunirse sobre el lomillo medio de la hoja; un puño que termina por un sencillo adorno, es muy pequeño, pues sólo tiene de largo siete centímetros.

La F.ª 2.ª representa un puñal de bronce, tiene como la espada anterior, estrías dispuestas simétricamente, á derecha é izquierda del lomillo que divide la hoja en dos partes iguales.

Las puntas de lanzas y de flechas (F.ªs 3.ª, 4.ª y 4') y que no desmerecen por cierto, de las espadas por lo perfecto de la ejecución, forman una hoja oval, reforzada en el centro por el lomillo, que se prolonga, constituyendo una especie de cubo á propósito, para introducir un grueso mango de madera.

Como el bronce puede obtenerse á distintos grados de fusibilidad y dureza y ellas dependen de las proporcionalidades distintas que entran en la combinación del cobre y del estaño, de aquí es que, se supiera ya en aquellas edades, el modo como habían de llevarse aquellas variaciones en su justa can-

tidad, cada uno de aquellos dos metales componentes, para así obtener el bronce, con las cualidades con que se proponían dotarle.

Igualmente conocían los medios empleados para soldar y embutir las piezas metálicas. Sabían fabricar instrumentos cortantes, forjándolos y condensándolos con el martilleo, y finalmente habían descubierto además, la utilidad de ciertas sales, que facilitaban la fusión del bronce en los crisoles del fundidor.

Con semejantes precedentes, estaba el arte del hierro lo suficiente preparado, para entrar con facilidad, en el nuevo período que iba á empezar, sustituyendo al bronce con el hierro.

Es cuestión fuera de toda clase de duda, que la primera vez que se obtuvo hierro, éste se habría de extraer forzosamente de los minerales, del mismo modo que se hacia anteriormente con el cobre y el estaño, esto es, por la reducción del óxido, bajo la influencia del calor y del carbón (pues no es dable suponer, pudiera sacarse de los aerolitos cuyo número es relativamente escaso). De momento parece algo extraño se adoptara tal procedimiento, en aquella apartada época, pues entonces como ahora, se necesitaba una temperatura prodigiosamente elevada, y no resultaba ser posible fundir aquel metal, en los hornillos, empleados á otras copelas. Mas tal extrañeza desaparecerá en el momento que nos hagamos cargo, que tal fusión no era necesaria para la extracción del metal, bastando solamente obtenerlo en el estado esponjoso, y sin fusión ninguna, por medio de la reducción del óxido de hierro, machacándolo luego, cuando estaba rojo, se le reducía fácilmente á una barra de hierro.

Semejante modo de obrar, estaría en cierto punto confirmado si nos atuviéramos á las prácticas actuales, y de que se valen los pueblos semisalvajes para obtener la extracción del hierro, prácticas que por cierto, en nada se diferenciarían de las desarrolladas en aquellas lejanas épocas, cuya cultura no sería superior, por lo que atañe á nuestro caso. Veamos al efecto lo que dice el naturista Gmelin en su viaje á la Tartaria.

**5. Prácticas de los pueblos semisalvajes actuales para la extracción del hierro según descripción de Gmelín.**—*En ese pais cada cual prepara el hierro que necesita, del mismo modo que confecciona su pan: el hornillo es una sencilla cavidad, de unos dos decimetros cúbicos, la cual se llena de carbón y mineral de hierro; está provista de una chimenea de barro y de una puertecilla que se cierra durante la operación, después de introducir el combustible, y tiene además un orificio lateral por el que pasa el cañón de un fuelle. Mientras que un hombre sopla, otro echa el carbón y el mineral por capas sucesivas, sin que nunca exceda de un kilogramo y medio para cada vez, introducida esta cantidad por pequeñas partes se sigue soplando algunos momentos más, y después se abre la puertecilla para sacar las cenizas y demás productos de la combustión, entre los cuales se encuentra una pequeña masa de hierro esponjoso que procede del óxido de hierro, reducido por el carbón. Esta masa se limpia bien y se pone á un lado para reunirla con otras, que una vez enrojecidas por el fuego, se adhieren entre sí, constituyendo una sola barra.*

*Este procedimiento para la extracción del hierro de su óxido natural, sin ninguna fusión es el mismo que se emplea por los negros de Fonta-Djallon, en el Senegal.*

**6. El hierro en las edades bíblicas.**—Los antiguos documentos de la historia, hacen ya mención del hierro, y era tal el servicio y utilidad que en aquellas lejanas épocas se le tenía, que cada pueblo atribuía su invención á un ser divino, ó cuando menos deificado. Pero es indudable que la primera noticia histórica que de ese metal se tiene, aparece en el *Genesis*, en el Cap. IV, vers. 22; cuando dice que: *Tubalcain fué artífice en trabajos de martillo, y toda obra de cobre y de hierro*, aprendiendo de él los hombres, el arte de forjar estos metales. Tenemos pues una fecha; la primera 3130 años antes de J. C. en que aparece el uso y trabajo del hierro debiendo semejante noticia á los hebreos, cuales se distinguieron siempre, en la manera especial de conservar y calendar sus tradiciones.

Los poetas, tomaron de aquí fundamento, para su fabuloso Vulcano; el de la religión pagana: en árabe, el nombre Tubal, significa escoria de hierro.

El tan renombrado Job, ya nos decía que el hierro era extraido de un mineral arenáceo, probablemente (según Karsten) muy semejante al que hoy día, se explota en Sama kof en Rumelia.

De las mismas escrituras se desprende que ya en aquella

época tan lejana, el trabajo del famoso metal había llegado á un grado de adelanto bastante notable, en virtud de lo que se consigna, sobre la construcción de una cama de hierro para uso de *Hog* rey de Bassan.

El mismo Job, nos da á entender como los hebreos eran hábiles herreros. Cita el hierro, entre las cuatro substancias preciosas de su época, haciendo entrever las muchas tareas á que se entregaba la industria humana. *El hombre* exclama *perfora las rocas y zapa las montañas hasta en sus fundamentos; abre á las aguas un paso al través de las peñas, y descubre riquezas subterráneas. La plata tiene sus venas, el oro tiene un lugar, donde se le saca para refinarlo; se extrae el hierro de la tierra, y se obtiene el bronce, de la piedra por la fusión.* (Jacob. Cap XXVIII).

Más adelante trata del yunque y del martillo, esto es, de los dos útiles, cuya sola existencia en un pueblo, permite afirmar que el hierro podía ya tomar todas las formas.

Si interrogamos á Moisés, veremos que en las páginas que escribió (1500 antes de J. C.) indica la existencia del hierro entre los hebreos y egipcios, cuando menciona el empleo que se daba al metal, para descortar las entrañas de las víctimas en los sacrificios. Se cortaban ya las piedras, gracias á los útiles é instrumentos de dicho metal (Deuter. Capítulo XXVII, ver. 5); con él era dable fabricar clavos. (Los Jueces. Cap. IV, ver. 21) y era tal el uso que de él se hacía, que Sisara, jefe de la armada de Jabin, contaba con 900 carros, en los cuales entraba el hierro en su construcción. (Los Jueces. Cap. IV, ver. 13)

También por el libro de Jeremías (Cap. XXIV, ver. 1 y Cap. XXIX, ver. 2) infiérese que el ejercicio del hererro, había llegado á ser un factor importante, con el cual contaban como elemento principal los magnates, pues los soberanos al emprender viajes para sus conquistas, se llevaban consigo un grupo de herreros, como lo hizo Nabucodonosor cuando para la toma de Jerusalén, se llevó cautivos á Babilonia al Rey Joaquin, junto con diez mil hombres y *todos los obreros en trabajos de hierro*, esto es para sacar partido de estos últimos y poder contar con ellos para el desarrollo de los trabajos de su industria, dando con ello impulso á las obras, en donde entraba tan importante metal.

El Yunque y el Martillo eran los usados para trabajar, tal lo vemos en Isaías, (Cap. XLI, ver. 7), cuando dice. *El carpintero anima al platero, y el que golpea con el martillo, al que bate sobre el yunque, diciendo: buena está la soldadura. Y sujetó al ídolo con clavos porqne no se moviera.*



Más en donde se expresa el profeta con más claridad, al entrar en el pormenor del trabajo, es en el (Cap. XLIV, ver. 12). *El herrero toma la tenaza, obra luego en las ascuas, dará luego forma al hierro con los martillos, y trabajará la estatua con la fuerza de su brazo.*

En la profecía de Ezequiel, se lee: Asimismo Dan y el errante Javan, dieron en tus ferias, para negociar en tu mercado, *hierro labrado*, etc.

El mismo Rey David, menciona trabajos de hierro en el Salmo 16, y si nos detenemos en otros pasajes de la Biblia, vemos también que el hierro fué uno de los elementos que entraron en la construcción del Templo de Jerusalén. Con dicho metal se fabricaron los clavos y herrajes de sus tan famosas puertas, con él, se afianzaban maderos y sillares, citándose como á rasgo de esplendidez y de mucha valía, el regalo que hicieron los principales personajes del reino, al donar para la construcción del Templo de Jerusalén; cien mil talentos de hierro ó sean en peso cuatro millones y medio de kilogramos.

Entre los hebreos parece que el arte de fundir era conocido, deduciéndose que los procedimientos que presidían á la operación, eran análogos á los más sencillos que aún hoy se practican. Así se infiere del Exodo (Cap. 22. ver. 24); cuando Aaron, forma el becerro de oro fundido para satisfacer á los israelitas que le pedían Dioses, pidiéndoles para ello, los zarcillos de oro, de todas las mujeres, cuales zarcillos fundió, vaciándolos en un molde del cual había de salir el Dios.

Entre los artísticos y notables ejemplos de otras fundiciones de esa época, lo es una gran Taza ó Pila para agua, que los israelitas colocaron en el atrio, entre el altar de los holocaustos y el Tabernáculo. Esta taza (F.ª 9.ª) toda de bronce, lo propio que los bueyes que la sustentan. era para uso de los Sacerdotes, en donde se lavaban, antes de poner en práctica sus funciones.

**7. Mungo Parck, su opinión sobre los primitivos medios de la reducción del hierro.**—Sería de todo punto interesante, el conocimiento de los progresos sucesivos con que ha pasado el procedimiento de reducción del hierro desde un principio hasta nuestros días; apreciando las circunstancias por las cuales, se iban modificando y mejorando seme-

jantes operaciones, basadas cada una de ellas, en principios fijos y concretos; con ello, podríamos apreciar las gradaciones sucesivas de los adelantos que se iban realizando en los productos obtenidos y finalmente, poder apreciar con conocimiento de causa, lo que han influído en cada época determinada, semejantes innovaciones, en el desarrollo y mejora de los productos resultantes. Más desgraciadamente, esos datos no existen, por lo que se refiere á los primitivos tiempos, pues alguna que otra vez, aunque aparezca alguna noticia vaga de los escritores de la antigüedad, ó algún trabajo esculturado ó pintura en las tumbas de aquellos remotos tiempos, no son ellos suficientes, para desenvolver ese nuevo hilo de Ariadna. Conjeturas, pues, y sólo hipótesis, es lo único con que nos hemos de contentar; y eso con más ó menos visos de verdad al querer aclarar este punto.

Es así como opina Mung-Park, célebre viajero escocés, cuanto afamado sabio en ciencias naturales, el cual recorriendo, distintas regiones del globo muy separadas unas de otras, habitadas por tribus semisalvajes, encontró en todas ellas, que empleaban, casí los mismos procedimientos para la reducción del mineral de hierro, y así infiere, que los hornos primitivos deberían estar formados, por simples construcciones en forma de conos truncados, provistos hacia la parte inferior, de pequeños boquetes, por los que haría su ingreso el viento necesario, mientras que superiormente, existiría, ancha abertura, para dar paso á los productos de la combustión. El emplazamiento de semejantes hornos, se hacía en sitios elevados, en donde el viento, facilitara más y más el tiro, y así favorecer activando la combustión.

Ya una vez prendido el fuego, se iban colocando sucesivamente, capas de mineral y carbón de madera, regulando en seguida el tiro, cerrando ó abriendo según conviniera; las aberturas inferiores Aquí vemos que el trabajo del aire es natural, y que la mayor ó menor actividad en la combustión, depende de las contingencias atmosféricas circunstancias que hacía el trabajo sumamente lento en algunas ocasiones. Semejante contratiempo, aguzaría el ingenio del hombre, haciéndole ver las ventajas de una ventilación artificial, no tardando con ello de aparecer el primer fuelle compuesto de un cilindro y de un pistón (1).

(1) Según Mungo-Park, los habitantes de Madagascar proceden de una manera análoga en las operaciones de la combustión, y nos dice que sus fuelles, consisten en huecos troncos de árbol, en cuyo interno se adaptan aunqne imperfectamente sus correspondientes émbolos, los cuales son movidos á fuerza de brazos.



Semejante procedimiento, es pues, el que se cree, modificado en poco más ó menos, que emplearían los antiguos, sin que de ello nos hablen para nada, los Sagrados textos, ni hacen mención de la forma y dimensiones de los hornos para la reducción, ni tampoco de la marcha de las operaciones (á pesar de citar un horno fragua en el Deuteronomio). (Capítulo IV. ver. 20).

Y si nos atenemos á lo que posteriormente escribieron Aristóteles, en su *Mirabilus auscultationibus*, cap. XLIX, y Teofrasto en su *De Lapidibus,* cap. I, habremos de convenir, que eran muy embrionarias dichas operaciones y análogas á las que nos cuenta Mungo-Park.

8. **Criterio de Morliot y Quinquerez, para con respecto á los primitivos medios de reducción.**—También confirman semejantes datos,lo contenido en la obra de Mr. Morliot; en su *Memoria sobre la Arqueología de Suiza*, en donde describe algunos vestigios de hornillos primitivos, y que habían servido para la preparación del hierro. Según Morliot, el procedimiento que se seguía durante los tiempos antehistóricos, para extraer el hierro de su óxido era el siguiente: *En la pendiente de una colina, bien expuesta al aire, practicábase un hoyo, en cuyo fondo se echaba cierta cantidad de leña, sobre la cual, se extendía una capa de mineral; cubríase esta á su vez con otro montón de leña, y luego, cuando soplaba un viento algo fuerte que hacía las veces de fuelle, encendíase la hoguera por su base. De este modo la leña se transformaba en carbón, y este, bajo la influencia del calor, reducía el óxido de hierro al estado metálico. Una vez terminada la combustión, hallábanse entre las cenizas algunas partículas de dicho metal.*

Según vemos en los tiempos, antehistóricos no se hacía uso aún del fuelle.

Finalmente, del propio modo vienen corroborando, semejantes procedimientos una Memoria titulada, *Exploraciones en las antiguas fraguas del Jura* debida al sabio naturalista Quinquerez, de cuya obra, lo más substancial por lo que á nuestro asunto concierne; dice así (1). *Los hornos de la 1.ª*

(1) Quinquerez, observó que hay dos clases de hornos, y dice que

clase, están formados por una excavación cilíndrica é irregular, abierta en el flanco de una colina á fin de dar más altura natural por un lado, y cerrada de frente por arcillas refractarias, sostenidas con algunas piedras Estos hornos no tenían sino 30 ó 40 centímetros de profundidad, como parecen indicarlo los bordes de forma redondeada y más ó menos escoriados. La parte anterior tenía una abertura en su base para dar entrada al aire, así como también para trabajar la materia fundida y sacar el lingote que se formaba durante la operación.

La 2.ª clase de hornos, mucho más numerosa y extendida, no es mas que un perfeccionamiento de la anterior; los bordes se elevan á una altura que varía de $2'30^m$ á $2'50^m$ con un diámetro de $0^m,48$ á $8^m,40$, muy irregular y un espesor de $0'30^m$ á $2'34^m$ y son también de arcilla refractaria; la capacidad es de unos cien litros.

He aquí como se procedía para la construcción: después de abrir en la tierra un hoyo circular, ó mas bien, semicircular, de un diámetro tres veces mayor que el crisol que debía hacerse después, se formaba en su centro, abierto por un lado, una especie de fondo con arcillas plásticas por la base, revestidas en la parte superior con otras muy refractarias. Este fondo, que está en contacto directo con el terreno, es por lo general menos grueso que las paredes laterales, y el espacio vacío que resultaba entre estas y aquel, se llenaba con tierra y otros materiales. En la parte anterior estaba limitado el crisol por una pared muy gruesa, recta algunas veces, y otras circular construídas con piedras calcáreas, cubiertas de tierra para llenar los huecos, y encima de este revestimiento, casi al nivel del suelo, se practicaba una abertura, que venía á distar un poco del fondo del crisol; su tamaño era de 15 centímetros, cortada en forma de chaflán de dentro á fuera, y constituía una especie de compuerta merced á la cual se trabajaba en el interior del horno.

El crisol no tenía la forma vertical; su inclinación era muy variada ensanchándose á veces de arriba abajo, y otras al contrario sin que podamos determinar reglas fijas en este punto, puesto que no se han reconocido; lo mismo diremos á su forma interior, la cual variaba frecuentemente entre la circular y la

---

los más antiguos son poco numerosos, mientras los demás constituyen la generalidad de los encontrados hasta el día.



oval, pero no debe atribuirse esto mas que al descuido del constructor. Se ha observado que algunos crisoles se estrechaban en la parte inferior por los tres lados, ofreciendo así el primer rudimento del estilo moderno, pero acaso no fuera esto sino un capricho del obrero.

En los hornos que he descrito no se encuentra vestigio alguno de fuelles; la corriente de aire debía establecerse con mas ó menos fuerza, según la elevación de la abertura por donde se escapaban las escorias.

El hecho de haber encontrado en la parte superior del respiradero del horno, ciertas piedras calcáreas, que debieron formar en un principio parte de la compuerta antes descrita, revela cual era el medio adoptado para aumentar la absorción de la corriente, pues á mayor amplitud de la boca y mayor altura de su especie de chimenea, no cabe duda que dicha absorción debía ser mas fuerte. La escoriación de las paredes del horno en el lado opuesto á la abertura, que al pasar el aire sufrieron la acción de un calor mas intenso, y el estar las opuestas menos atacadas por el fuego, encontrándose á veces en ellas los minerales adheridos, en el estado pastoso ó de semifusión, es una prueba que viene á confirmar nuestro aserto.

La ausencia de todo aparato para avivar el fuego es tanto más notable cuanto que ya eran conocidos los fuelles por los griegos y romanos, de lo cual se infiere; no sólo, que no fueron estos pueblos los que enseñaron en el país el arte de la siderotecnia, sino que se conocía mucho antes.

Debe observarse también que las aberturas de los hornos no están en la dirección de los vientos reinantes, los cuales habrían podido aumentar la fuerza de la corriente, sino que se practicaban á la casualidad, no teniéndose en cuenta más que las mayores ó menores ventajas que presentaba el terreno para la construcción de los hornos.

En cuanto al combustible, notaremos aquí que en todos los centros siderotécnicos descubiertos hasta ahora, se reconoce el uso exclusivo del carbón, como lo prueba el hecho de encontrarse las carboneras tan cerca de los hornos, el ser estos demasiado pequeños para emplear la leña, y el haberse hallado en las escorias vestigios de carbón.

La figura A, representa un horno primitivo restaurado por el mentado ingeniero Quinquerez, el cual lo construyó como á modelo y en miniatura para ser expuesto en la Exposición Universal de 1867.

En ella se vé el horno de arcilla, los montones de carbón, las escorias, la cabaña que servía de vivienda á los obreros, todos los útiles que se empleaban, todo cuanto constituía esos centros industriales.

El horno está formado por un hoyo, sobre el cual se eleva una especie de chimenea, y de cada lado hay una serie de escalones de piedra que permiten subir á la cima; la altura es de 2m, 80; á la derecha está la cabaña de los trabajadores, formada con vigas rollizas.

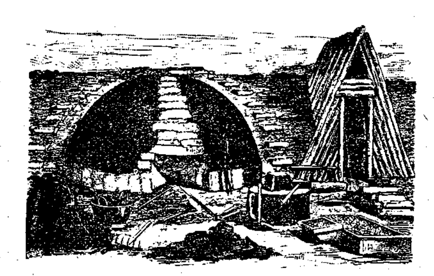


Figura A

A la derecha en primer término, se ve un montón de carbón destinado á ser introducido en el hornillo; á la izquierda se halla el mineral, recogido entre cuatro troncos que forman un espacio cuadrangular, y en el centro están las escorias que resultan de las operaciones. En rededor aparecen diversos útiles, dispersados y tirados al azar, como las tenazas, el martillo, el yunque... siendo de notar que dichos instrumentos se dibujaron con arreglo á los encontrados por Quinquerez.

9 **Transición de la ventilación natural á la artificial.**—Más si todos los casos, que hemos citado, y pasado en revista, para la reducción, se hacía uso tan sólo de la ventilación natural, claro está que vino un tiempo, en que la experiencia aconsejaría, á los operadores, abandonar ó por mejor decir, substituir á la ventilación natural, la artificial, para así, no estar á merced de las contingencias de las influencias atmosféricas

Así se echaron mano de fuelles, de donde salieran ráfagas de aire que activaren la combustión, siendo aquellos en su principio muy elementales, formados de hojas de papirus y de tejido de esparto, como constituyendo grande abanico ó pantallas, que moviéndose violentamente por vaivén, agitaban el aire de su alrededor (Landrin De la Font et du fer.)

10. **Fuelles antiguos.**—Otro medio primitivo, para producir el viento, nos lo indica Mr. Loret en su *Memoria de la comisión de Arqueología en el Cairo*. En ella reproduce



las pinturas murales de una tumba del Cairo. A cada lado del hogar parten dos toberas, cuyas se comunican con un fuelle respectivo, especie de tambor formado por pieles gruesas ú hojas de papiro.

Sobre cada par de estos fuelles, se coloca encima y de pie, un obrero, que alternativamente carga el peso de su cuerpo, ya sobre el uno, ya sobre el otro de semejantes tambores; levantando con la mano y por medio de una cuerda, la base superior del fuelle, que acaban de hundir, así con este movimiento alternado, llegábase á obtener una corriente continua. Véanse las figuras 10 y 11, dibujos pertenecientes á la tumba de Am xent Amenhotep de Tebas.

Permite también suponer semejante procedimiento, los testimonios que de estos hechos aparecen en las ruinas de Babilonia así como en el antiguo Egipto, en donde de vez en cuando se descubren vestigios de semejantes hogares, establecidos en el suelo. Ya se ha indicado como los hebreos fueron llevados cautivos por Nabucodonosor á Babilonia y más tarde, conduciendo éste sus armas victoriosas en Egipto, allí también acudieron la agrupación de herreros judíos.

Sabido es por los libros sagrados, que en dichos puntos, los judíos fueron obligados por sus señores, á trabajar poco menos que como esclavos, cayendo sobre ellos las faenas más pesadas, siendo una de tantas la referente á la industria de los metales; allí pues continuarían desarrollando y poniendo en práctica los mismos procedimientos empleados en su país originario. *Mas el Señor os tomó y sacó del horno de hierro de Egipto*. (Deuteronomio. Cap. IV. ver. 20). En sentido metafórico, Moisés indica la dureza del hierro, diciendo que una dominación tiránica, es una cadena de hierro, así como también lo es un corazón insensible.

11. **El hierro en el antiguo Egipto.**—De los antecedentes hasta aquí manifestados, puede ya inferirse que el arte de trabajar el hierro, era conocido de muy antiguo en la región del Egipto, desde donde se desarrollaría sin duda, hacia toda la Arabia. Favorecía semejante uso, el ser muy ricas en minas de este metal, todas las montañas de Palestina, allí el hierro era abundantísimo, y bien podría admitirse sin visos de paradoja, lo que consta en el mismo Deuteronomio, cuando Moisés dice á los Israelitas, al partir para tomar posesión de la tierra prometida, que allí las piedras son hierro. *Tierra en la cual no comerás el pan con escasez;*

*no te faltará nada en ella; tierra que sus piedras son de hierro y de sus montes cortarás metal.* (Deuteronomio, Cap. VIII. ver. 9).

Sin embargo de mediar ese precedente, no fueron relativamente muchos, comparación hecha con los demás metales, especialmente los nobles, los objetos de hierro que se encontraron, en virtud de las exploraciones verificadas y especialmente en el interior de las Tumbas faraónicas, en donde por regla general guardaban ó dejaban cuidadosos los objetos de alguna valía, así como los útiles que habían servido para la erección de aquellas soberbias cuanto especiales construcciones. Algunos Egíptologos y entre ellos, el celebrado Mariette, director del museo de Boulach, atribuyen semejante escasez á las prescripciones Osirianas, las cuales vedaban el empleo de este metal, aunque fuese para los objetos más vulgares, en atención á que se consideraba el hierro como un *hueso de Tifon*, cual divinidad era enemiga de Osiris; pero tal opinión fué refutada mas tarde por Maspero, demostrando, no estar suficientemente probada, toda vez que el hierro, era conocido por los egipcios con el nombre de *Caniput*, que vale tanto como *substancia del cielo*, y así desprendida dicha substancia del Paraíso de Osiris, era considerada como un verdadero don, para que los creyentes, pudieran utilizarla, para facilitar los trabajos de fatiga, en las varias artes de la construcción, agricultura, enlace de materias duras y de gran tamaño, filos, puntas y mangos de las armas ofensivas... etc., etc.

Tales noticias las corroboró el propio Maspero, en el sinnúmero de inscripciones, geroglíficos, pinturas y grabados, encontrados en las paredes de varias cámaras mortuorias así como también por el hallazgo de muchos objetos, que se supone servirían á los antiguos Reyes de las dinastías diospolitana. Así en los pavimentos pétreos de la gran pirámide y en alguna de las otras menores. que se extienden sobre los arenosos desiertos líbicos, encuentránse las losas perfectamente enlazadas con grandes grapas de hierro, en ellas han también aparecido las hachas de hierro llamadas *nú*, con el auxilio de las cuales se abrían la boca y el vientre del cadáver, á fin de que fuera posible hablar, y andar conforme lo hacían en vida.

Semejantes precedentes, contribuyen á evocar el recuerdo de las prácticas, creencias y ceremonias religiosas de



aquel pueblo, y al igual de los objetos de uso puramente profano, patentizan no sólo la existencia de la industria del hierro en Egipto, sino también la inexactitud del concepto de impureza, el cual entre los Egipcios no significaba el cumplimiento absoluto de una prohibición, conforme lo demuestra el hecho de utilizar para cierta clase de faenas agrícolas, animales tan impuros como el cerdo.

Sin embargo de ello, el metal de más uso y que privaba mas entre los Egipcios, era el Bronce, reservándose tan sólo el hierro, según se lleva indicado, para objetos, útiles é instrumentos que tuvieran que sufrir gran resistencia en el trabajo, como por ejemplo, cinceles, escoplos, filos cortantes en las hachas, láminas de herramientas..... etc.

En la propia excursión que hizo Maspero, á la gran pirámide allá por el año 1882, encontróse con fragmentos de hierro, que habían formado parte de los útiles é instrumentos de que se valieron los obreros, durante la construcción y que luego abandonarían una vez terminando los trabajos, según entre ellos era costumbre. En la pirámide negra de Abasir, se encontraron restos de un azadón, mientras que en la de Mohammeriah, el hallazgo fué la espiga de un cincel, y una virola de un mango de pala. Finalmente en el museo de Locourve pueden hoy día examinarse una interesante colección de objetos de hierro, de semejante índole y que proceden de aquellas generaciones de la civilización egipcia.

Se forjaba el hierro, hacía toda la región del Asia menor, próxima al Egipto; las investigaciones hechas en la misma Babilonia han corroborado que en las piedras empleadas en las grandes construcciones, iban enlazadas en defecto de los cementos hidráulicos, por barras de hierro, hechas fijas, con auxilio de plomo fundido. (Erodoto. Lib. I—186).

Precisamente con semejante sistema indica también Tucídides (Lib, I. cap. 93) que fueron construídos mas tarde los muros del Pireo.

Finalmente; atención hecha á los muchos trabajos de labra, sobre el granito, que se realizaron en Egipto, los cuales precisamente necesitaban, instrumentos duros, resistentes y bien templados, da pie semejante hecho, para inferir que á los Antiguos egipcios, no les sería desconocido el acero, casi indispensable, para el corte y fino labrado de la piedra berroqueña.

12 El hierro en los pueblos Caldeo—Asirio, Nínive

y Babilonia.—De las investigaciones llevadas á cabo por Mr. Laplace (1) se infiere que el pueblo Caldeo—Asirio, había desarrollado más que el Egipcio el empleo del hierro, usándolo según se supone, aún con anterioridad al Egipcio.

El número de objetos de este metal encontrados en las distintas excavaciones dirigidas por el celebrado Arqueólogo, son tan considerables á la par que tan variados, atención hecha á los distintos usos á que eran destinados cada uno de ellos, que bien pueden dar una prueba plena del grado de adelanto de aquella civilización, dentro del ramo de la metalurgia y metalistería, y si bien las exploraciones en las seculares sepulturas de Warka y de Mongheiz, se descubren útiles y armas de piedra, que dan demostración de una época la más primitiva; también entre ellas, había objetos de cobre, plomo, oro, bronce y hierro, y era tal su abundancia en los instrumentos y otros objetos de hierro, descubiertos en una de las cámaras del Karsabad, que fué bastante, para que Place la denominara por antonomasia: *Almacén de Hierros*. Allí había palas, picos, azadones gran número de ganchos para hacer presa en varios objetos, martillos, rejas para el arado, cadenas y eslabones.

Lo que sí parece comprobado, que los habitantes de Nínive, poseían tal conocimiento del hierro, que lo empleaban muy juiciosamente, y en los casos que era indispensable; así se han encontrado ejemplos de ruedas de cobre, con ejes de hierro, pues aquellas por sus funciones especiales, están sometidas al frotamiento, y sabido es que el cobre, resiste más que el hierro, al desgaste que aquel trabajo produciría, y en cambio, la pieza que forma el eje, á de resistir á la flexión, cuyo esfuerzo lo resiste con más ventaja el hierro que el cobre, siendo el primero, el rey de los metales bajo este punto de vista; por cuya razón, se le utiliza también

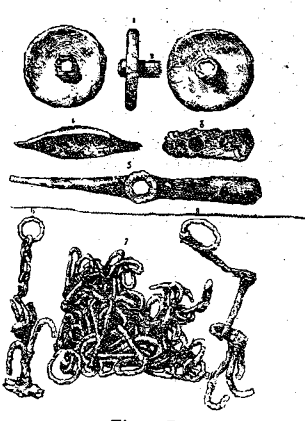


Figura B

(1) Véase su importante obra sobre «Las ruinas de Nínive».



para cadenas con sus eslabones. Ejemplo de esta última clase es el de la figura B, consistente en las cadenas halladas en las ruinas de Nínive, así como, las palas, azadón y rueda de cobre con eje de hierro de que se ha hecho mención.

También se ha podido comprobar, que los ninivitas ocultaban á veces el hierro bajo una capa de bronce, y á este efecto dice Laplace:

*Muchos objetos que á primera vista parecen ser de bronce, poseen una alma de hierro, la cual tiene una envoltura de bronce más ó menos delgada; Mr. Birch me mostró, en el Museo británico, diversos fragmentos de asas, aros y utensilios rotos, que provienen de Koniundjik ó de Nimrod; la fractura dejaba ver bien el hierro. Esta clase de objetos tenían la envoltura de bronce; así este metal tiene un aspecto más agradable y se presta mejor á la decoración; se empleaba el alma de hierro, para dar al objeto la resistencia que necesitaba. Entre el hierro y el bronce el contacto es íntimo y la adherencia completa.*

Sea como fuere, este pueblo en los siglos IX y VIII antes de J. C., empleaba más el hierro que los pueblos que le eran contemporáneos, infiriéndose también que el hierro y el cobre estaban más caros en la Caldea que en la Asiria, por la sencilla razón de que Babilonia estaba más lejos que Nínive de la región minera.

13. **El hierro en la fábula y en la Grecia.**—Más tarde, los egipcios fundaron sobre las costas del Mediterráneo, las ciudades de Tiro y Sidón, estableciendo en ellas las célebres fábricas de metales de Sareptus, en el linde del país D'Asser, en donde se explotaban las minas del Carmelo. En esta ocasión fué cuando Inachus salió de Egipto, al frente de un número considerable de inmigrantes, para establecerse en el Peloponero, fundando el reyno de Argos; tres siglos después, fué Kreops el que salió con una nueva colonia, fundando la de Atenas, y finalmente Cadmus, insiguiendo las huellas de sus dos predecesores, salió con otro tropel de emigrantes de la ciudad de Tebas, edificando una ciudad en la Beocia, dándole el mismo nombre que aquélla, y abrogándose el título de soberano en la misma.

En tales circunstancias, bien pronto se pobló toda la Grecia, progresando las artes industriales, cuales tuvieron su origen en el Egipto.

Estas colonias egipcias fundadoras de Argos, Tebas y Atenas, llevaron ciertamente á su patria el conocimiento del hierro. Cadmus, ya establecido en su nuevo país, dió á conocer el cobre á los griegos, él fué el que descubrió el monte Pangeo (1) (Plinio. Lib. VII, cap. 4).

Minos, rey de Creta el fundador de tantas ciudades, entre otras Gnoso y Festo; llamado hijo de Júpiter por el poeta Homero; fué el que introdujo en Creta el arte de trabajar el hierro, del cual era rico el monte Ida, y según la tradición, habiendo sido abrasados los bosques que rodeaban dicho monte, con motivo de la caída de un rayo, después del diluvio de Deucalion, los dactilos, habitantes del mismo, vieron correr el hierro que la violencia del fuego llegó á derretir, y aprendieron con ello el modo de fundir los metales; cundiendo el arte de trabajar el hierro entre los dactilos, sacerdotes de la diosa Cibeles. La misma fábula nos narra que Prometeo, fué el que inició el trabajo del metal en la Scitia, no sin que antes auxiliado de Minerva, subiera al cielo, y acercándose al carro del Sol, tomara el fuego sagrado y lo trajera á la Tierra en un tronco de férula. También se desprende de la leyenda, que Vulcano fué el que adiestró á los habitantes de la isla de Lemnos, en el difícil cuanto pesado trabajo del citado metal (2); en ella aparecen los gigantes, cuyos brazos musculosos trabajaban el metal destinado á hacer invulnera-

---

(1) Montaña de Tracia, unida al Rodopo, donde Licurgo rey de los tracios, fué derrotado, y en donde Orfeo, hizo á los animales y á los bosques, sensibles á la melodía de su voz.

(2) Cierto día el padre de los Dioses, irritado contra Juno, porque excitado había una tempestad, para hacer perecer á Hércules, la suspendió en los aires, con dos pesados yunques á sus pies; y queriendo Vulcano socorrer á su madre; Júpiter le agarró de un pie y le precipitó á la isla de Lemnos, le levantaron y se lo llevaron; pero desde entonces quedó cojo. Sin embargo, por empeño de Baco, Vulcano fué llamado otra vez al cielo, y volvió á recobrar el cariño de Júpiter, quien le casó con la más hermosa de todas las Diosas, Venus, madre del Amor. Vulcano en el cielo se construyó un palacio todo de cobre y sembrado de brillantes estrellas, donde se ocupaba sin cesar á poner en práctica las ideas que le sugería su divina ciencia. Tetis le pidió armas para Aquiles. Vulcano se levantó inmediatamente de su yunque, se lavó inmediatamente, con una esponja, el rostro, los brazos, el cuello y el pecho, vistióse con un ropaje magnífico y tomando un cetro de oro, vuelve Vulcano á su fragua, arrima los fuelles al fuego, coge un pesado martillo y fuertes tenazas, y trabaja un escudo de un grandor inmenso y de sorprendente solidez.



bles é invencibles á los guerreros, así es que los dactilos del monte Ida, así como los calibes del Ponto Euxino, pasaban por los primeros discípulos de Vulcano.

Según las crónicas de los mármoles de Paros, este gran descubrimiento se realizó en tiempo de Minos, en el año 1481 antes de nuestra era.

La fábula, hasta cierto punto, viene á ser una invención en la cual se reflejan algún tanto el modo de ser, de pensar, así como las aficiones de un pueblo, cuyas cualidades latentes dentro del medio en que vive, se aprovecha de ellas el poeta y desarrolla en su inspirada fantasía, los varios asuntos que cree más salientes y característicos, cuales verdaderamente son símbolos de hechos reales, que tienden á retratar las costumbres, vicios y virtudes del propio pueblo de que se trate. Hé aquí porque al pasar en revista los asuntos mitológicos anteriores, se desprende la importancia que debía tener entre los griegos, todo lo que al hierro se refería, cuando llegaron sus poetas al extremo de divinizar á los trabajadores de dicho metal, elevándolos hasta el olímpico cielo; quisieron que los forjadores fuesen nada menos que Dioses.

Mas ya hemos visto que 2,000 años antes de nuestra era, algunas naciones tenían medios para trabajar el hierro, esto es, cuando el Egipto se encontraba en todo su esplendor y los fenicios cubrían con sus escuadras los mares conocidos, siendo el hierro común entre ellos, existiendo escritos del segundo imperio que nos hablan mucho de semejante metal.

Si sólo nos atuviéramos á la cronología de Llarcer, no había aparecido ó no había sido descubierto hasta unos 1537 años antes de J. C, esto es, más de 250 años antes de la guerra de Troya.

Ya en el mismo tiempo de Homero, era objeto este metal de grandes adelantos metalúrgicos, y le daban el nombre como á epíteto de Αιθων (brillante) y de Πολὶὸξ (blanco). Iliada IV-485; VII-473; XX-372; por oposición al nombre Μελαξ (negro), que designa al hierro en bruto, esto es, al salir de la fragua, y así el poeta parece indicar que luego de este estado se pulimentaba el metal.

En la época de Homero, debería ya conocerse la acción del temple, coligiéndolo así, teniendo en cuenta un pasaje que consta en la Odisea, pues en él el poeta hace un parangón entre el ruído que produce un tizón encendido al hundirse en el ojo del gigante Polifemo y el que proviene cuando el

herrero produce la acción del temple, al introducir súbitamente en agua fría al hierro encendido al rojo (Odisea IX-391).

Otros pasajes de Homero prueban también no ser sólo el bronce el metal empleado en la construcción de las armas y de los útiles de labranza. Así dice que con el hierro se forjaban las puntas de las flechas y lanzas arrojadizas (Odisea XIX-494), así como de hierro eran fabricados los instrumentos de labranza y armas de los pastores (Iliada XXIII-832).

En los célebres juegos fúnebres que tuvieron lugar en honor de Patroclo, el gran Aquiles, propuso como á premio del combate un disco de hierro, por lo que se infiere que en tiempo de la guerra de Troya, era este metal muy estimado.

Según el mismo Homero, el umbral del infierno es de bronce, mientras que las puertas son de hierro (Iliada VIII-15). El carro de Iris tenía sus radios de bronce y su eje de hierro. Los guerreros iban armados con hierro y bronce (Iliada V-323). Era frecuente en aquella época cambiar el bronce por hierro (Odisea I-184).

Los griegos eminentemente juiciosos y con tendencias esencialmente prácticas, apreciaban tan sólo los objetos por el servicio que de ellos podían obtener, así es que el metal de Marte y de Pomona debió ser más apreciado que el bronce, tan luego les fuera conocido. Sólo posteriormente se estableció el equilibrio entre los dos metales, cuando la perfección de los métodos siderúrgicos permitió obtener el hierro con más seguridad y economía; así es como vemos adornos antiguos de bronce incrustado y enriquecido con hierro.

Cuando Agamenon hizo magníficas ofertas á Aquiles, éste por sola contestación, al elegir lo más valioso dijo: *Me llevaré de aquí oro y cobre rojo, mujeres de cintura elegante y también hierro resplandeciente, riquezas todas que me ha deparado la suerte;* aduce pues este pasaje de cuanta valía era el hierro en aquel entonces.

En el poema de Homero, al mentar las hachas para cortar árboles en el monte Ida, y con las que se servían los griegos, se dice que son fabricadas con bronce, razón por la cual se infiere, se reservaba al hierro para más noble empleo, como más valioso que era entre ellos, y tanto es así, que su uso era llevado con mucha parsimonia, y tan sólo cuando era estrictamente necesario; así se infiere de un pasaje de la Iliada, *acercó la cuerda al pecho y el hierro al arco.* En otros



pasajes vemos también corroborada semejante especie, pues los griegos, no obstante estar escasos de vino, cambiaron mil barricas de ese caldo por una partida de hierro brillante.

Mas, resumiendo el análisis de semejantes datos, por lo que se refiere á la civilización helénica, pueden subdividirse en dos épocas ó períodos las prácticas ejercidas por los griegos para con respecto al empleo del hierro. En la primera emplearon el hierro con mucha parsimonia, es que se le consideraba en mucha estima, á causa de que no estaban aun en posesión de los procedimientos que más tarde se emplearon para obtenerlo con más facilidad, dicha época, que corresponde á los tiempos Homéricos, se distingue en que las construcciones son algo deficientes en su factura, con motivo de la imperfección de los instrumentos para la labra, cuyo material que los informa es el Silex y Bronce.

En la segunda época, los instrumentos son ya de hierro, y esto permite que la labor sea esmerada, y puedan los artistas desplegar más, los vuelos de su ingenio y buen gusto, que acreditaron con aquella serie de bellas concepciones, y este período, tuvo por comienzo, cuando la invasión de los dorios, prosiguiendo durante el período del clásico helenismo. En esta segunda época, y según noticias de Herodoto, existían ya en tiempo de Creso varias fraguas de hierro, entre ellas, las famosas de Tejea en la Arcadia, en cuyo suelo creyeron hallar la osamenta de Orestes. (Primera mitad del siglo VI antes de J. C)

Mas, de todos modos, los griegos usaban más el bronce que el hierro, pues el brillo del primero le hacía semejante al oro.

Los bronces más estimados eran los que procedían de Corinto y de Delfos. Cicerón nos habla de esos bronces, en una de las arengas, en las que se refiere á un vaso de bronce, llamado *autopsa,* en el que se cocía la vianda con muy poco fuego, vaso que se vendió tan caro, que los extranjeros que oyeron publicar su precio al pregonero, creyeron que se trataba de alguna finca.

El revestir de planchas de metal pulimentado los grandes lienzos de pared, en edificios de reconocida importancia, era bastante común entre los griegos, así como también el echar mano de las mismas y en especial del bronce, para embellecer los monumentos, así lo vemos especialmente en la Argolida; práctica que según opinión de algunos autores, fué comprobada en la Siria.

Aparecen aun huellas, en la tan famosa estancia del Tesoro de Atreo en Mycenas, por las cuales se infiere, què sus paredes habían de estar adornadas y decoradas con planchas de bronce, sujetadas por clavos también de bronce, cuales, algunos de ellos permanecen clavados en torno de las hiladas que informan la especial bóveda parabólica, que cubre el monumento subterráneo que la historia coloca en Argos, y en el cual se refiere fué encerrada la hija de Acrisio; la figura 12 y 12' representa un ejemplar de los clavos de bronce, referentes á la bóveda del Tesoro de Atreo.

Mas si nos atuviéramos al rigorismo absoluto de la palabra, veremos que no sólo los griegos empleaban el hierro para la decoración y detalles, sino que hasta se permitían el inusitado lujo de construir edificios enteros, tal como acontece con el que se refiere Pausanias, diciendo que los lacedemonios levantaron en Esparta el templo de Ateneo, todo de hierro y cobre, así como la estatua de la Diosa, ambas obras del artista Badkrites, allí por el año 540 antes de J. C. (1).

También se empleaba el bronce y el cobre, para cuando se quería perpetuar un cierto hecho, ú obtener un asunto grabado que fuese de reconocida utilidad y de señalada permanencia, para afrontar el paso de los tiempos. Tales fueron las célebres cartas geográficas grabadas en bronce y cobre respectivamente, por Anaximandro y Aristagoras, ambos de Mileto. El primero, que declaró la esfericidad de la Tierra, hasta entonces creída plana y limitada bajo forma de disco, y autor del cuadrante solar, y el segundo, por haber deslindado perfectamente todos los mares y ríos, haciendo un trabajo hasta entonces desconocido, por lo nimio y acabado. (Véase sobre el particular á Herodoto).

Mas, ciertamente donde se empleaba el hierro en las construcciones, era en los sistemas de atado, para sillares, semejante procedimiento entre las construcciones egipcias, lo constituían piezas de madera, cortadas bajo forma de colas de milano, mientras que se recurría al bronce en la época Micénica, al objeto de fijar las planchas decorativas; aquí en el período del clasicismo, los sillares están de tal modo enlazados entre sí, que verdaderamente vienen á constituir en

(1) Creemos que lo referente al edificio, será sólo una paradoja, y que quedaría reducida la operación, al revestimiento ó forro de las paredes, con dicho metal.



conjunto una sola masa, encontrándose estos apéndices de hierro, como embebidos en el material pétreo.

Varias son las formas que afectan los hierros en semejantes circunstancias, ya aparecen como en A (fig. 13) semejante á una abrazadera, hierro doblemente acodado, interesando cada codo á cada una de las piedras adjuntas (es la forma que hoy llamamos en U); ya afectando como en B (fig. 14) la forma de una doble T, cual coadyuva más á impedir la separación de ambas piezas; ora aparece el medio de enlace como en C (fig 15), en forma de cola de milano, haciendo iguales funciones que las piezas anteriores. Otro medio de enlace era el D (fig. 16), consistente en un hierro vertical y en escuadra colocado de canto, y alojado en cada una de sus mitades en dos ranuras del mismo grueso, practicadas en las piedras que se enlazan.

Todos estos procedimientos se han evidenciado en la construcción de la *Cella* del Partenon; no así en los procedimientos empleados en los tambores de las columnas de este templo (fig. 15"); en donde se echó mano de espigas de madera á dilatación libre. (Principles of Athenhan architecture).

Mas, en donde las espigas aparecen de hierro, son en E (fig. 15') del templo de Júpiter Olímpico en Atenas, expresando pequeñas acanaladuras *a*, el conducto por donde se introducía el material líquido que después había de fraguar, para hacer solidaria dicha espiga.

Se recurría también á las barras de hierro para la consolidación de los grandes dinteles, como de ello es un ejemplo el que corresponde al templo de Agrigento, y por la ranura que se observó, cuya escuadria era de una sección cuadrada de $0^{m}$'16 de lado, se cree que el hierro que la ocupa, estará formada por varias piezas superpuestas.

**14. Armas de los griegos y romanos.**—Las armas eran antiguamente de cobre, después de hierro; mas los poetas en sus descripciones toman fácilmente uno por otro.

La armadura de los griegos, era ya á datar de los tiempos más antiguos, el casco, la coraza, el escudo, la lanza y la espada. También empleaban el arco y la honda.

Sabido es que el casco es una arma defensiva para cubrir la cabeza y el cuello. Era de hierro ó de cobre, por lo regular en forma de cabeza, abierto por delante y dejando la cara descubierta. Había cascos, y particularmente los de la Grecia, que se podían bajar sobre el rostro.

Se ponían en los altos de éstos, figuras de animales, como leones, leopardos, grifos y otros varios; véase la fig. C que representa el combate de Hector y Aquiles, en presencia de la diosa Minerva, procedente este dibujo de un vaso griego que se conserva en Munich. A los cascos los adornaban frecuentemente con penachos; cuales ondulando graciosamente en el aire, aumentaban así el efecto y belleza del conjunto.



Figura C

La coraza se llamaba en griego *tórax*, nombre que pasó luego á la lengua latina, la que emplea también con más frecuencia el de *Lorica*.

En un principio se fabricaban las corazas, de hierro ó de cobre, con dos piezas con hebillas. Alejandro no dejó á la coraza sino aquélla de estas dos partes, que defendía el pecho, para que el miedo de ser herido en la espalda, que estaba sin defensa, impidiese que huyeran sus soldados.

Había corazas de un metal tan duro, que estaba absolutamente á prueba de los golpes. Zoilo, hábil artífice en este género, ofreció dos de ellas á Demetrio, denominado Poliorcetes. Y para mostrar su excelencia, hizo que se arrojara una flecha por medio de una catapulta, que no distaba más que 26 pasos; por mucha fuerza con que fuese arrojada la flecha, apenas raspó la coraza, ni dejó en ella señal alguna.

La *Lórica*, cuya voz viene de *Lorum*, esto es, correa, tirilla de cuero de animal. Y de esto también viene la palabra coraza. La coraza de los legionarios romanos, consistía en correas, con que estaban ceñidos, desde los sobacos hasta la cintura. Se hacían también de cuero cubierto en planchas de hierro, dispuestas en forma de escamas ó de anillos de hierro, pasado de uno en otro, que tienen cadenas entrelazadas, esto es lo que se llama cota de malla y en latín *Lórica hamis conserta ó hamata*.

Con el tórax de los griegos, estaba el soldado mucho menos capaz de movimiento, de agilidad, ni fuerza, en lugar que las bandas de cuero, que se cubrían sucesivamente, dejaba al soldado romano toda la libertad de la acción y cubriéndole como un vestido le defendían de los ataques. (Véanse en



las figs. 17 y 18) dos ejemplares de coraza, la primera griega, la segunda romana.

El escudo *Scutum*, romano; θυρεος, griego. Esta arma defensiva constituída ya de madera, cuero ó metal, y entre éste el hierro, era muy larga y algunas veces, tan excesiva, que cubría á un hombre todo entero. Tales eran los de los egipcios, de los que habla Jenofonte. Era necesario que fueran bien grandes, aquellos que usaron los lacedemonios, toda vez que dicha arma servía como de cama para traer sobre de ella, á su dueño que había sido muerto en el campo de batalla. De aquí aquella célebre orden que dió una madre espartana á su hijo, cuando llegó el momento de partir para la guerra: *O vuelve á traer este escudo, ó vuelve sobre él.* Era la mayor ignominia volver del combate sin su escudo; al parecer, porque daba á entender que le había dejado para huir con más velocidad, no teniendo otro cuidado que el de salvar su vida. Se hace memoria que herido de muerte Epaminondas, en la célebre batalla de Leuctres, luego que se le llevó á su tienda, preguntó con inquietud y cuidado si se había salvado su escudo.

El *Scutum* era largo y cuadrado, á diferencia del escudo llamado *Clipens*, que era redondo y más corto. Uno y otro se habían usado entre los romanos, desde el tiempo de los reyes. Después del sitio de Veyes, se hizo más común el *Scutum*. Los macedonios se sirvieron siempre del *Clipens*, á no ser que fuese en los últimos tiempos.

El escudo de las legiones romanas era convexo, de la hechura de una teja acanalada. Tenía según Polibio 4 pies de largo y 2 $^{1}/_{2}$ ancho. Estos escudos eran antiguamente de madera, dice Plutarco en la *Vida de Camilo*; pero aquel capitán romano los hizo cubrir de planchas de hierro, á fin de que tuviese fuerza para resistir los golpes.

También había otro escudo llamado *Pelta*, era muy ligero, de forma de media luna ó como un medio círculo (fig. 19, Griego con su escudo y combatiendo).

Las espadas, al principio fueron de bronce y después de hierro; sus hechuras eran muy distintas y en mucho número; las había largas y sin punta, que no servían sino para dar cuchilladas; habían otras más cortas y más fuertes, que daban cuchilladas y estocadas, esto es, con punta y con el corte, tales como los sables españoles, los que tomaron los romanos de ellos y de los que se servían siempre con ventaja.

Con aquellos sables cortaban brazos enteros, quitaban cabezas y abrían horribles heridas.

Los espartanos, era el único pueblo de la clásica antigüedad que usaba espada de contorno curvilíneo (fig. 24), siendo de notar al mismo tiempo, que eran muy cortas.

La fig. 20 representa una espada greco-egipcia, la cual se llevaba pendiente del cinto y colgaban de su puño, unos como cordones, éstos terminados con glandes. También las había en forma de cimitarra (fig. 21) con doble cordoncillo que se desprendía del puño; así como venían afectando la forma de una larga daga ó puñal (fig. 22), acompañada como siempre de los indispensables cordoncillos.

Los griegos de los tiempos heróicos, llevaban la espada bajo el sobaco izquierdo, de modo que el pomo alcanzaba sobre la tetilla.

Más adelante el arma colgaba de una correa pendiente del hombro derecho, pero, de modo que dicha espada se hallaba á su izquierda.

La espada era recta para cortar y golpear (fig. 23), con hoja fina y aguda, larga de 36 centímetros, alcanzando una vez colgada á solo el muslo, y entrando en una vaina ornamentada. (Las figs. 22 y 23 son espadas con su vaina, más el tipo de espada griega con tendencia á puñal, se muestra en la fig. 26.)

Como á especiales armas de hierro, eran también las que manejaban los de Escitia, eran las conocidas por Clava, Maza y Porra (fig. 27).

Otras formas podrían describirse, pero nos apartaríamos demasiado de nuestro asunto; mas, conviene consignar, por la importancia que tenía en aquella época, el tan famoso *Pilum* (figs. 25, 25′ y 25″), arma arrojadiza de hierro, lanza ó pica, usada mucho por los romanos; el *Parzonium* ó daga. La lanza recibía la denominación de *Hasta*, cuando desempeñaba oficio de tal; *Hasta amentada*, si se convertía en arma arrojadiza; *Hasta ausata*, si se hallaba provista de una guarda para proteger la mano y la *Velisaris*, lanza corta usada por las tropas ligeras.

A medida que se iban descubriendo nuevos depósitos de mineral de hierro, el arte de trabajar este metal iba cundiendo, desarrollándose su empleo en Oriente, usándolo de muy diversas maneras para formar gran variedad de objetos, entre ellos piezas que se utilizaban como á *monedas*, cumpliendo con ello la orden dada por Licurgo, cuando proscribió el uso del oro y la plata. También de hierro eran las monedas usadas por los clozomeneos (Aristóteles, lib. II); por los bretones (César. Comentarios, lib. V) y por los bizantinos (Polux).



**15. El hierro en la antigua Roma.**—De muy antiguo se extraía hierro de las minas de Eubea, explotándolo con gran provecho los fenicios, y cuenta que se dice de muy antiguo, pues ya Estrabon nos refería que en su época, los depósitos del mineral estaban agotados. Mas aquellos intrépidos navegantes, cuanto codiciosos mercaderes, al pasar las columnas de Hércules, para luego fundar la ciudad de Cádiz, se llevaron consigo á los Calibes, pueblo de la Armenia (cuales eran entendidos en el trabajo del hierro), estableciéndose muy luego en las costas de Galicia, en cuyo punto se dedicaron á manufacturar el acero (según algunos autores creen ser éste el motivo para que al acero se le conociera entre los griegos con la palabra Χαλντς) y esto sucedió á la par que los griegos ponían en ejercicio semejante industria, hacia la costa oriental y aun en la misma Italia.

Al llegar el año primero de la Era cristiana, el arte de trabajar el hierro había ya tomado gran incremento en el Occidente, pero, como aun no se conocían todos los minerales (1) que producirlo podían, se empleaban tan sólo aquellos

(1) De los datos que han podido llegar hasta nosotros, se infiere que el mineral de hierro usado por los antiguos hebreos y griegos, era el mineral magnético arenáceo, siendo luego lógico creer que las variantes que además usaron fueran aquellas que cumplían mejor las condiciones siguientes:

1.° Aquellos cuyo aspecto exterior descubrieran francamente la existencia interior del metal.

2.° Aquellos que por su estructura especial fuera dable más fácilmente la extracción del metal, mediante el menor gasto posible.

3.° Los que permitieran dicha reducción sin preparaciones pesadas y laboriosas, y obtener de ellos el hierro y el acero.

No hay por otra parte mucha luz que nos aclare en las investigaciones de los minerales que usaban los antiguos; los conocimientos que éstos poseían sobre las condiciones geognósticas de las minas, eran por cierto muy incompletos, á juzgar por los escritos que nos han dejado sobre semejante materia, y esto hasta cierto punto no es de extrañar, por los escasos adelantos que alcanzaban las ciencias naturales en tales épocas. Tenían efectivamente el ocre (esto es, esta substancia acillosa ferruginea coloreada en distintos colores, por varios óxidos de hierro que contiene en proporciones diferentes) por un mineral de hierro, aunque según Teofrasto, dice, que al encontrarlo en las minas

cuya reducción era relativamente fácil, y de una pureza bastante acentuada, de aquí que las instalaciones y fábricas que se montaban, fueran en ciertos y determinados parajes próximos á los yacimientos, formando con ello determinados centros de explotación. Entre ellos, pueden indicarse los escogidos cerca la antigua Bilbilis, entre los Celtíberos, hoy Calatayud, patria del gran poeta Marcial. También en los Pirineos de Vizcaya, célebre de antiguo por sus ricas minas y

---

del metal, atribuían la formación de semejante óxido á la acción del fuego, y en efecto. Cidius, habiendo observado en un incendio que el ocre á medio calcinar había adquirido un hermoso color rojo, concibió reproducir semejante fenómeno para la obtención de la tierra sínope.

La hematita no estaba comprendida entre la agrupación de los óxidos, de los cuales se extraía el hierro; Teofrasto, autor de un tratado de metales, pone este mineral entre los sanguíneos (párrafos 92 y 93), distinguiendo una especie que llama ξονθος (xantus), á causa de su color pálido amarillento. Sería probable que fuera un silicato de hierro de la especie de los jaspes.

En cuanto al *hierro magnético* ó piedra de imán que Hesgchius llama *heracleu*, por ser procedente de heraclea, ciudad de la Lidia; todos los precedentes son de que ya en aquella época se le consideraba como un mineral de hierro. Teofrasto colocaba esta piedra en una agrupación donde cabía también el ámbar, á causa de su propiedad de atracción, y dice ser por otra parte raro el encontrarlo.

Anterior á los tiempos históricos hasta Herodoto, ya hemos visto que el bronce era el metal casi exclusivamente empleado para las armas, utensilios, escultura, adornos arquitectónicos... etc. El Egipto, Asiria y Grecia nos dan frecuentes testimonios del uso del bronce en las artes; eran de este metal según hemos visto las célebres puertas de Babilonia, las placas que decoraban el Tesoro de Atreo, en Micenas. Es el bronce el resultado de una aleación de cobre, estaño y zinc, siendo el cobre el que predomina en la combinación; pero en la combinación de los bronces antiguos aparece en ellos no más que el cobre y el estaño, mientras que el zinc no forma parte de la aleación, hasta alcanzar el período de los emperadores romanos. También se nota en el bronce galo, alguna combinación con el plomo.

Los romanos usaban el bronce para la decoración de las bóvedas y techos encasetonados, en sus templos, pórticos . etc , hacia la parte exterior de sus monumentos, en los arquitrabes, corinsamentos, ménsulas, antefijas y hasta en las mismas tejas.

Esta mezcla de cobre y estaño da un metal amarillento, de más dureza y más fusibilidad que el cobre, de una densidad mayor que la media de cada uno de los dos metales componentes, la cual está comprendida entre 8·76 y 8'87. Resulta de escasa maleabilidad cuando se le enfría lentamente, y por el contrario, resulta maleable cuando el enfriamiento se hace bruscamente, adquiriendo así el temple, permitiendo entonces ser trabajado al martillo.



grandiosas forjas, de las que más tarde, para ponderar la riqueza que el hierro producía, se hizo célebre la frase *Llevar fierro á Biscaya.*

No es pues extraño que ya en semejante estado de cosas, se usara el hierro con relativa prodigalidad, habiendo alcanzado el arte de trabajarlo á una casi perfección; y los estatuarios lo combinaron con el cobre.

Aristonide, el gran escultor, proponiéndose representar la ferocidad y rabia de Athamas, verdugo de su propio hijo Learco, no encontró nada más propio que emplear, el tono del color que presta semejante aleación, á fin de que la entonacion de la herrumbre ú orín, destacara á través del cobre como si fuera empañado, queriendo expresar así la nefanda mancha que sobre sí se impuso el desnaturalizado padre (Nicholis, cap. III, pág. 49). Esta estatua se levantaba en Tebas, así como también se ostentaba en dicha ciudad un Hércules, construído del mismo metal, pero debido este trabajo al artista Alcon.

El combustible empleado para la fusión, era el carbón de madera (Plinio, lib. XXIII, cap. 30), aunque también se echaba mano algunas veces por los herreros; de la hulla (lithantrax), y eso á partir ya de los tiempos más remotos de Grecia y Roma; datos todos proporcionados por Teofrasto, quien en el capítulo 28 de su obra, cita grandes yacimientos hulleros en Elida, en el camino de Olimpia, y también en la Liguria, célebre por otra parte, por la riqueza de ámbar que de ella se sacaba.

Mas, por poco que se vaya examinando la marcha progresiva que iba emprendiendo la civilización, se verá que ésta, al pasar de uno á otro pueblo, á medida que estaba indicado en el reloj de los tiempos, anunciando la hora de las invasiones, conquistas... etc., por las cuales, naciones un tiempo pujantes, eran absorbidas á su vez por otras que habían alcanzado mayor poderío; el desarrollo de aquella, cundía, adquiriendo mayor número de conocimientos, práctica y experiencia, por los cuales el nuevo pueblo vencedor, que se apropiaba del estado de relativo adelanto del vencido, terminaba con dar un paso, perfeccionando en lo que cabía, las nociones adquiridas de sus antecesores. Así pues, también con la metalurgia y en especial para nosotros, la del hierro, pues si bien no avanzó mucho que digamos, con respecto á los conocimientos técnicos de procedimiento, no dejo por otra

parte de ir dando impulso muy notable, referente al mayor desarrollo y extensión de los trabajos, aumentando sin cesar la producción.

Fijándonos pues de momento, en los países en donde la civilización fué pasando, aquéllos son también en donde hemos de ir á buscar las distintas etapas, con que pasó el grado de desarrollo sucesivo, en la industria y usos consiguientes de aquel metal, tendiendo aquellas á pasar y á transmitirse de Levante á Poniente. Y en efecto, ya desde luego las primeras noticias, están en Siria cuna de la civilización, de ella avanzó á Egipto y pueblo hebreo, de los cuales formarían conocimientos los fenicios, pasándolo éstos á los griegos.

Luego romanos y cartagineses, pueblos prepotentes y dueños del mundo, se asimilaron las industrias y prácticas de los pueblos conquistados.

Sabido es por nuestra historia de España, el afán con que los cartagineses, sin estar aun posesionados del todo, de la península, se dedicaban á la explotación del gran número de sus ricas minas, y legando nombres (que aun existen, aunque alterados) á muchos sitios ó lugares de la explotación.

El romano, es uno de los últimos pueblos de Europa que parece haber sido iniciado, no en el uso, pero sí en la elaboración del hierro.

En efecto, este metal se usaba en el territorio inmediato á Roma, antes de la fundación de esta misma ciudad, como lo han demostrado las excavaciones de Alba Longa, pero deberían recibirlo del extranjero, como por otra parte lo reciben también hoy. La Etruria, Nórica, Estiria, Austria, Baviera .. etcétera, proporcionaban á los romanos este metal, tan indispensable cuanto precioso para un pueblo guerrero. Es de creer también, por el vuelo que había tomado la Siderurgia, en ciertos pueblos conquistados por los romanos, que aquellos introdujeron entre esos, sus conquistadores, los métodos perfeccionados del tratamiento del hierro, y que andando el tiempo, habían de contribuir poderosamente á la grandeza militar de las naciones.

Julio César, el primer historiador de la Galia, no deja de mencionar la perfección é importancia del trabajo del hierro en la Bretaña. Aquel general, no vió sin gran admiración á *bárbaros* como los venetos que poblaban las costas del Océano, forjar cadenas y anclas para sus naves, mientras



que los romanos empleaban todavía cuerdas de cáñamo para amarrarlas.

La industria del minero, tan íntimamente relacionada con la del herrero, fué también utilizada por los antiguos galos, para resistir á los invasores. César nos lo enseña así, cuando nos dice, que en el sitio de Avaricum (Bourges), los habitantes de la ciudad, acostumbrados á trabajar en las minas de hierro, establecían galerías subterráneas, por medio de las cuales, zapaban los parapetos, que los romanos levantaban alrededor de su campamento, y de la ciudad.

Tenemos, pues, que si bien los romanos trabajaron el hierro, haciendo de él, bastante uso para sus armas, detalles de trabajo en sus construcciones, y aun para ornato, en sitios preferentes de sus edificios, no consta sin embargo en su historia dato alguno; en el que se deduzcan trabajos metalúrgicos ó de reducción, habiendo de suponer por lo tanto, que lo obtendrían según ya anteriormente hemos indicado, esto es, de los países en los que sin cesar iban dominando; no estuvieron por cierto en ese importante ramo á la altura de sus grandezas. Mas, lo que sí, hubieron de ser hábiles fundidores, si tenemos en cuenta las grandes moles que constituían las estatuas de bronce, que sin cesar levantaban, así como también la perfección y limpieza de los detalles y objetos, de relativo pequeño volumen, también de bronce, y que eran de suma utilidad para los servicios domésticos; tales eran el sin número de lámparas, trípodes, jarros, tazas, toda clase de objetos de cocina... etc., que aun hoy vemos y que inundan los Museos arqueológicos, y que continuamente van descubriéndose en varias localidades hasta ahora sepultadas, especialmente en Pompeya; todos, trabajos de gusto ático, que recuerdan el período del clasicismo en la corrección y finura de los contornos. (Véase la fig. 28, lámpara; la fig. 36, lámina 2.ª trípode; la fig. 29, ánfora y la fig. 30, útiles de cocina.

Plinio, en su historia natural, nos dejó algunos, aunque pocos datos referentes al empleo del hierro entre los romanos. Nos indica en primer lugar, los útiles principales para trabajarlo, cuales son los mismos con poca diferencia que los que hoy empleamos.

El *Hincus:* Figura 31, esto es, el yunque.

El *Marcus:* Era lo que hacía oficio de martillo, pero contorneado en forma de maza, con el cual se forjaba, y su cabeza era de hierro macizo.

El *Mallens:* Era también el martillo (fig. 32), pero su cabeza era de madera con aros de hierro para reforzarla y asegurar mejor el material leñoso.

El *Marchun:* Era un martillo pequeño de forjador.

Los *Fórceps:* Así se nombraban las tenazas (fig. 33) que eran regularmente de la forma de la figura adjunta.

*Lacus:* Era la vasija para contener el agua, y con ella conllevar el material.

El *Rectabulum:* Lo constituía la pala para echar el combustible.

El *Follis fabrilis:* El fuelle.

La *Lima:* Conocido este instrumento con el mismo nombre que el que hoy usamos.

El *Caminus:* Hornos para fundir metales ó hacer la reducción del mineral. Se conjetura que fueron en sus disposiciones, semejantes á los empleados por los griegos, esto es, forma cónica y de muy poca altura; los datos que sobre de ellos pueden darse, son vagos é indeterminados, y no satisfacen cual debieran al espíritu de investigación. Así M. Rich, en su diccionario de las antigüedades romanas, nos presenta dos dibujos de semejantes hornos, el uno, el de la fig. 34' y el otro (fig. 34) es un corte del mismo horno, con una leyenda del detalle de cada una de las partes, expresando sus respectivas funciones, pero á la verdad dicha explicación resulta muy deficiente.

Las operaciones de la forja se llevaban del propio modo que las que se efectúan en la actualidad, de ello nos podemos convencer, fijándonos en la fig. 35, que representa un forjador romano, el cual forma parte de un grupo de figuras esculpidas en el mármol de una tumba romana. El dibujo de conjunto representa un taller de herrería de aquella época. Aunque no cundiera entre los romanos el arte de trabajar el hierro, hasta en los comienzos de nuestra era, esto por otra parte no fué obstáculo, para que entre éllos, se diera regular importancia á dicho especial trabajo, y tanto, que á semejanza de los griegos, también lo divinizaran, haciendo Dioses de sus forjadores.

**16. Bomba hidráulica en la época romana.**—No dejaremos de consignar como á ejemplo raro y curioso de la época romana, una bomba hidráulica, construída de bronce, y descubierta allá por el año de 1827, en unas excavaciones practicadas en Castronovo, en el litoral próximo á Civita-



Vechia. Este ejemplar aparece trabajado con bastante perfección, resultando bien conservado (1).

La descripción de semejante aparato, que hacen Perrault y Morlan, es breve y sencilla, tal como sigue. *E. y N. son dos embolos (figs. 37 y 38), los cuales al elevarse, y al enrarecer el aire inferior, fuerzan á abrir las válvulas O. O. cuyas permiten la introducción del agua en los tubos H. H. (véase en Q el detalle de la válvula fig. 39). Cuando los embolos bajan, entonces las válvulas O. O. se cierran, mientras que las otras dos válvulas O', O' se abren, empujadas por la presión que en ellas produce el agua que anteriormente había ingresado en los tubos H, introduciendo entonces el líquido en el tubo horizontal I.*

*La acción continua y alternada de semejante operación, obligará finalmente al líquido á ascender por el tubo M. del cual pasará definitivamente al depósito destinado á recibir y guardar el agua, para destinarla á los servicios que haya de prestar.*

*Aparece otra válvula O'' colocada en el tubo M, y á la verdad, esta no es indispensable ni necesaria; lo sería de no existir las O' O', lo cual hace suponer que se introdujo como á medida de precaución, en la contingencia de inutilizarse una de las válvulas O', O' Las molduras ó anillos circulares, que de trecho en trecho circundan los tubos, están perfectamente entendidas, pues aparte que contri-*

---

(1) Tamaño descubrimiento es digno de notar, en cuanto es la primera bomba hidráulica para la elevación del agua, y que poseemos de la antigüedad, concordando al mismo tiempo con las descripciones de ejemplos análogos que nos hacen por su parte Vitrubio (lib. IX, cap. 9) y Plinio, lib. VII, § XXXVIII) cuando se ocupan de las obras de Ctesibio.

Vitrubio, en el libro X, cap. 12, llama á semejante aparato *máquina Ctesíbica*, la cual constituye una verdadera bomba aspirante é impelente.

Por lo demás, habiendo los Sres. Perrault y Morland, examinado con detención el aparato descubierto en Castronovo, hicieron de él una descripción del modo como podía operar, siendo la que damos en el texto, traducción literal de lo expuesto por los mentados autores.

Como quiera que en las minas del acueducto de Castronovo, se lee una inscripción con el nombre de Antonino el Pío, se infiere remontarse nuestro aparato á la época de dicho emperador, siendo por otra parte muy verosimil que el objeto de dicha bomba, fuera el de elevar el agua para el ordenado servicio de las Termas públicas, con que contaba en aquel entonces, la tan floreciente y rica colonia romana.

*buyen al ornato del aparato, sirven para fortificar con esos anillos dichos tubos, á la par que se prestan á que en ellos tengan lugar los enlaces en soldaduras.*

*Este aparato debería estar fijado en unos apoyos, por medio de los apéndices salientes ó modillones que se acusan en K, y de modo que así fijo estuviera en contacto ó comunicación con un depósito de agua, ó corriente, cuyo líquido tuviera que elevarse.*

*Los embolos N y E, suspendidos por los vástagos G y F, los cuales en comunicación con dos manubrios, y éstos movidos alternativamente por algún procedimiento mecánico de ruedas, juego de palancas, etc., obligarían al movimiento alternativo aspirante impelente, ó sea ascendente ó descendente.*

17 **Empleo del hierro en las construcciones romanas.**—Con respecto al hierro empleado en la construcción, se empezó á hacer uso del mismo, en el refuerzo de los entramados de madera, especialmente empleándolo bajo la forma de cinchos en los cuchillos de armadura: véase á este objeto la cubierta del Templo de Fano, en donde se muestra esta última disposición; se empleaba también como á dados ó espigones en los muros, tirantes, clavijas y pasadores, colas de milano, escuadras, etc.; mas andando el tiempo se generalizó entre los romanos el uso de este metal, habiendo alcanzado mucha estima por los variados y múltiples servicios que prestaba, no solamente en la construcción, sino que también en la agricultura, para útiles de corte para los distintos materiales, ya sea piedra, madera, ú otro cualquier cuerpo; armas defensivas y ofensivas; y para este último caso, hay el precedente de haberse evidenciado la ventaja del metal de que tratamos; en la segunda guerra púnica, pues es opinión admitida por testigos coetáneos, que á él se debieran en gran parte las victorias de los romanos sobre los cartagineses.

18 **El trabajo del hierro según Plinio.**—Concretándonos ahora á las minas de hierro que se explotaban en aquel entonces, y tratando de inquirir noticias sobre el método elemental de como se trataba el mineral, así como las distintas clases de hierro que obtenían, lograremos semejantes datos, prestando atención á lo que Plinio nos dejó escrito, y de ello inferiremos que los romanos obtenían hierro dulce, así como también el acero, del cual se conocía perfectamente la operación del temple. En la Historia Natural de Plinio, libro XXXIV, sacamos:



*Los hornos también establecen una gran diferencia: se obtiene cierto núcleo de hierro, destinado á fabricar el acero duro, ó en otros términos, para los yunques compactos y las cabezas de martillo; pero esta gran diferencia proviene del agua en la cual se inmerge el hierro incandescente: esta agua, cuya bondad varía según los lugares, ha hecho célebres á ciertas localidades en la fabricación del hierro; tales son Belbiles, y Turiasson en España, y Como, en Italia, y esto á pesar de que en los citados lugares no hay minas de hierro. De todos los hierros, el mejor es el de Serico, que nos lo envían con sus telas y pieles: en segundo lugar se halla el de Parthico. Estos son los únicos hierros en los que solo entra acero, los demás son mezclas de un hierro más blando.*

Aparece no más algún lunar en semejante relación, y es la explicación que nos ilustrara en el procedimiento de depurar el hierro con la extracción de la ganga; también aparece poco esplícito con relación á las clases ó variantes del hierro en el producto obtenido, según los distintos sistemas de hornos que al efecto se ponían en práctica. Claro está que según fuera la clase de cuerpos extraños que contenía el mineral, había de salir hierro afectado de distintas variantes, resultando así de diversas clases, mas ellas siendo dable ser producidas con auxilio de cuerpos extraños, que de antemano se combinen con el material, de ellas no nos habla para nada el famoso naturalista, concretándose solamente á decirnos que: *Ciertas tierras solo dan un hierro blando y acercándose al plomo; otras un hierro quebradizo y cobrizo de mala aplicación para la construcción de ruedas y clavos, á los cuales el hierro blando conviene; otro solo es bueno en pequeños trozos y se emplea para clavos del calzado de cuero, y otro está muy expuesto á oxidarse. Todos estos hierros se llaman* STRICTURŒ, *término que no se aplica á los otros metales y que viene de* STRINGERE ACIEM.

Para con respecto al yacimiento, prosigue: *Las minas de hierro se encuentran en casi todas partes: las produce la isla de Elba en la costa de Italia. Las tierras ferruginosas se reconocen fácilmente por su color. El mineral se trata de la misma manera que el de cobre.*

También por un pasaje del mismo Plinio, parece que no

era desconocida la fundición entre los romanos: *Cosa singular, en la calcinación del mineral, el hierro se vuelve líquido como el agua, y por el enfriamiento se convierte en esponjoso.* Forzosamente que semejante operación era análoga aunque llevada ä cabo en menor escala, que la que se practica en los altos hornos, que han venido después á desarrollar tan importante trabajo en mayor escala, y cuya síntesis, es el tratar un óxido de hierro por el carbón á una alta temperatura. El óxido se descompone por el carbono, y parte de éste se combina con el hierro obtenido y se forma la fundición de hierro, esto es hierro carburado. Esta fundición debía de salir muy impura y esponjosa, por no salir bien expelidas las escorias á causa de no ser continua la fabricación.

Como quiera que no se han descubierto hasta ahora objetos hechos con fundición, la que se obtenía serviría para obtener hierro y acero (1).

**19 Noticia de algunos centros metalúrgicos en Roma.**—En la época de la segunda guerra púnica, la ciudad de Populonia, capital de Etruria y centro metalúrgico muy importante, proporcionó á Escipion el Africano, todo el hierro que necesitó para la expedición contra Cartago (Tito Lirio, Dec. III. Lib. VIII).

Populonia explotaba entonces todo el mineral de la isla de Elba, y el senado Romano, después de la conquista de Cerdeña y España, mandó que se respetase el suelo de Italia (Plimio el mayor III. 20. 23 24. XXVII, 77).

El hierro y el acero del Norico, ya muy célebre en tiempo de los Griegos, era entre todos los demás muy estimado por los Romanos, así como el de Etruria, Austria y Baviera. Se tenía también en gran estima el acero de España, siendo muy renombradas las espadas celtíberas y noricas.

Muy pronto se importó el arte del hierro en Rusia, Suecia y Norte de Alemania. Mas antes que los Romanos hicieran sus invasiones en la Galia y Gran Bretaña, ya era conocido el hierro por los Bretones; dice en efecto Cesar (De bello Galia. Lib. V. Cap. XII), refiriéndose á ese particular, que empleaban en lugar de moneda, bronce, ó anillos de hierro de

(1) Plinio cita un Hércules de hierro, obra cuyo autor era Alcon, mas no es lo bastante explícito aquel historiador, pues no dice si dicha estatua es de hierro fundido. ¿No cabría también el caso de ser formada de una aleación de hierro y cobre, á semejanza de una estatua debida al escultor Aristomdas, de que habla también el mismo Plinio?



peso determinado, añadiendo que como el bronce era allí importado, no sucedía así con el hierro, en donde lo contaban con abundancia, excepción hecha de las comarcas marítimas, que aun que en ellas existía también aquel metal; éste; sin embargo, no era en gran cantidad. Virgilio hace mención de las célebres minas de hierro de Elba; al paso que Ovidio hace grandes elogios del hierro de la Noruega, y Estrabon dice: que en la Turdetania había minas de oro, plata y hierro (1). Plutarco y Diodoro de Sicilia, indican los procedimientos que empleaban los Celtíberos para la fabricación del acero. Según ellos se mantenía encerrado el hierro, hasta que se cubría de orín, quitaban éste, y se labraba el muleo, y creían que el agua oxidaba y disolvía todas las impurezas del metal.

Por otra parte, Plinio, creía que los hierros debían principalmente su naturaleza acerada, á la calidad del agua en que se templaba. No se conocían entonces procedimientos seguros para la obtención del hierro ó acero, se fabricaban de la misma manera, y solamente se clasificaban después, por el aspecto de otras propiedades.

Los romanos explotaron mucho las minas de España, Galia y Gran Bretaña: en todas esas comarcas vienen comprobadas dichas noticias, pues en ellas se han encontrado, en distintas estaciones, en las ruinas de antiguos baños ó termas, en las de templos donde se levantaban altares al Dios del Hierro, y en tantos otros sitios centros para los Romanos, en donde mostraban su actividad, reflejando en ella sus costumbres, industrias. cultos y también sus diversiones, se han encontrado, decimos, monedas romanas mezcladas ó revueltas con barras de hierro en forma de lingotes; vestigios de hornos, así como también grandes escoriales.

Durante los primeros siglos del Cristianismo, envuelta

(1) Según el mismo Estrabon, los primeros metalurgistas, cuales fueron los Sequanis de Bergamo y Brixia, los Bituriges y Pretocorianos, que no tenían rivales para la fabricación del hierro, empleaban *hornos de afinación*, simples hoyos practicados en el suelo y rodeados de una pared de gres. Se mezclaba en ellos el mineral con carbón, se encendía todo y se transformaba en una masa metálica fundida. Estos bajos hornos son el origen de los *hornos medios*, que han llegado hasta nuestros días con los nombres especiales de método *catalán*, *navarro*, *corso*, *argelino*, *sueco*, *alemán*, etc. (F. Billon. Enciclopedia de Química Industrial).

Roma en el refinamiento del lujo, y de las necesidades cada vez más crecientes para sostenerlo, explotaba todas las industrias, y sacaba gran provecho, de las explotaciones metalúrgicas de los pueblos que había dominado, excepción hecha de la Germania, en donde aquellas prácticas eran olvidadas al parecer, mas, desde la segunda invasión de los bárbaros (260 años antes de J. C.), todos los pueblos se ocuparon de su defensa, y decayeron las industrias, abandonándose las minas, y siendo cada vez menos activa la producción, y entonces, cuando en la Italia y sus provincias conquistadas, iba reduciéndose el empleo del hierro por semejantes circunstancias, fué cuando comenzó á generalizarse su uso entre los germanos, cual lo prueba el hecho, de que las armas romanas, hacia á fines del siglo IV, empezaron á fabricarse de otros metales, por lo escaso del hierro, mientras que por la inversa, los bárbaros, acabaron por hacer completo uso de él, para las suyas, hecho muy digno de llamar la atención, recordando que éstos últimos, apenas utilizaban dicho metal durante el siglo I.

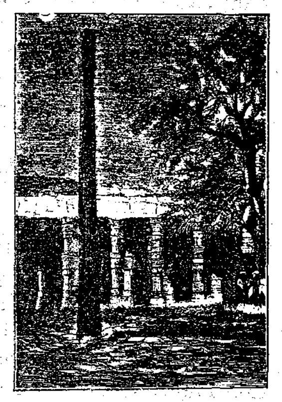
**20. El hierro en la India.**—Si nos fijamos por un momento en la India, aquel pueblo antes tan habilitoso, inteligente y dotado de una paciencia á toda prueba, pueblo que hizo surgir de las entrañas de las rocas montañosas, aquellos prodigiosos templos subterráneos, y cuando no, aquellas severas cuanto magníficas Pagodas de siluetas piramidales, adornadas de trabajada filigrana, por lo tupida de la labor, que inunda todos los paños de los muros, sin dejar ni el más pequeño rincón libre; aquel pueblo tiene hoy, su actual descendiente que lo representa; en condiciones por cierto muy distintas, andando errante, habiendo caído en la abyección más denigrante, y ha perdido hasta el menor rastro de aquel gran carácter, que produjeron las artísticas y colosales empresas que le distinguieron, dando un sello muy pronunciado á las obras de sus antepasados.

Pues bien, allí vemos también que en tiempos remotos, allá por el siglo IV, ese pueblo no le iba en zaga á los de las demás naciones en trabajos referentes al hierro, así como trataron de evidenciar que si habían tenido inteligencia suficiente, para realizar los gigantescos y sorprendentes trabajos con el material pétreo, aquella persistiría obrando al tratar del material metálico.

Y en efecto, Mr. Rousselet nos hace conocer en uno de



sus fructíferos viajes á la India, un trabajo de forja, maravilloso, pues excede á todo lo que la imaginación puede alcanzar, si tenemos en cuenta el estado de las prácticas, conocimientos y recursos de la ciencia siderúrgica de aquella apartada época.


Figura D

Nos referimos á la columna de hierro del rey Dhava, cerca de Delhi, forjada en el siglo IV de nuestra era (fig. D); esta columna tiene $7^m$ de altura y $0'40^m$ de diámetro; termina por la parte superior, por un bombeado formado de anillos, á guisa en su conjunto como de capitel, y su base está empotrada en el suelo, hasta una profundidad igual á la parte visible. Su peso es de unos 14,000 kilogramos. Se levanta en el centro del patio de una mezquita arruinada, en el cual fué erigida en el año 317 de nuestra era.

Sabido es también que el acero fundido de la India, conocido bajo el nombre de Wutz, fué durante largo tiempo considerado como inimitable por su dureza y estabilidad. En los himnos del más antiguo de los libros sagrados de la India, el Rig-Veda, se cita muchas veces el hierro.

**21. El hierro cuando la invasión de los árabes**—El estado anómalo, revuelto é indeciso, que cayó sobre las naciones, con la irrupción de los llamados bárbaros del Norte, fué causa que la antigua metalurgia decayera, ó cuando menos se estacionara en centenares de años, hasta alcanzar el siglo VIII, época de la inundación de los árabes en nuestra España.

Estos, ya una vez posesionados del país y alcanzado el período de relativa paz y prosperidad, ejercieron una verdadera influencia (elemento extraño felizmente agregado á la civilización europea), sobre la ciencia de la naturaleza, bajo el punto de vista físico y matemático, sobre el conocimiento de los espacios del Cielo y de la Tierra, de su extensión y configuración de las substancias heterogéneas que lo componen y de las fuerzas interiores que contienen.

Entre las varias artes industriales á que se dedicaron, fué

la del hierro; comprendiendo al hacerlo así, que podían satis
facer á las múltiples necesidades que de aquel metal dima
nan; dando en su metalurgia preferencia á los metales comu
nes, al contrario de lo que hacían los romanos, cuyas aficio
nes tendían más á los metales nobles que se avenían mejor
los gustos de ostentación, fausto y riqueza; y es que los pr
meros apreciaban los metales por la directa utilidad que d
ellos podían recabar, y como previendo ya desde los prime
ros tiempos de su dominación, la preponderancia que el hie
rro había de tomar al cabo de diez siglos, convirtiéndos
finalmente en el agente más activo de la civilización (1).

A este efecto, establecieron ya desde su principio gran nu
mero de herrerías en los mismos sitios, en donde fuera abu
dante el combustible, dando más adelante grande impulso
las forjas de la parte alta de los Pirineos Orientales.

Al principio los hogares eran de tamaño reducido, de
arrollándose muy luego y sucesivamente, á medida que los p
didos eran mayores, toda vez que ya en aquella época, er

(1) El número de metales conocidos por los antiguos, ascendía s
lamente su número á siete. Los alquimistas árabes, creían ó prete
dían hacer creer, que existía una misteriosa relación entre estos cue
pos y los siete planetas entonces conocidos, aplicaron á los primer
los nombres de los segundos, y cada metal fué representado en sus l
bros con el nombre del planeta correspondiente.

Los siete metales eran: El Oro (Sol ☉); Plata (Luna ☽); Mercur
(Mercurio ☿); Cobre (Venus ♀); Hierro (Marte ♂); Estaño (Júpiter 2
Plomo (Saturno ♄).

El estudio de los metales fué el tema favorito de los desvelos de l
químicos; y aun llegó un tiempo, que el sólo conocimiento de est
siete cuerpos y la manera de combinarlos, creó la ciencia llamada A
*quimia*, esto es, el arte de encontrar la *piedra filosofal*, ó sea el tra
formar en oro los metales menos perfectos.

Este arte fué cultivado con mucho afán en lo antiguo; hasta por l
hombres más sabios, siendo compañero inseparable de la Astrolog
y en efecto, en virtud de las numerosas analogías que existen entre l
metales propiamente dichos, así como por sus propiedades químic
se dió en pensar que todos estos cuerpos, quizá fuesen formados
elementos de igual naturaleza, aunque combinados en distintas pr
porciones, y de ello ser probable la conversión de uno en otro met
cuando aquella proporción estuviera convenientemente dispuesta pa
el caso particular de que se tratara. Doce siglos transcurrieron del
al XVIII, completamente en vano, y el oro no apareció; sin embargo,
los trabajos fueron estériles para el hallazgo del metal aurífero, no
fueron para la ciencia, pues mediante aquellos mismos estudios, se e
riqueció la historia de los metales.



tendencia general, á utilizar y valerse del hierro en la mayor parte de industrias, por haber ya experimentado los beneficios que reporta en los varios trabajos, el uso de tan importante metal. Así pues, los hogares fueron creciendo poco á poco, en número y dimensiones, y su forma circular en un principio, convirtióse en semicircular, introduciendo dos toberas, en lugar de la única con que antes contaba solamente cada horno. La combustión se activaba valiéndose de dos fuelles formados de piel, constituyendo como un odre ó tubo lo suficiente articulado, para permitir la alternativa de compresión y dilatación, y tal como viene dibujado en las figuras 40 y 41

Los moros en España fabricaron un acero de raras condiciones.

22. **El hierro entre los galos y bretones.**—Al examinar los trabajos siderúrgicos de los galos y antiguos bretones, se descubre desde luego, como esos pueblos estaban bien impuestos en el empleo y reducción de los minerales de hierro, siendo esto, de fácil explicación, y que en ellos cundiera semejante industria, pues les favorecía el mismo suelo, provisto en abundancia de ricas minas, así como de numerosos y espesos bosques, depósitos inagotables del combustible necesario; así es que son innumerables los sitios de Francia, en donde se encuentran restos de aquellos hornos y fraguas elementales, y de los cuales más tarde se originaron los sucesivos adelantos, de cuyos habían de participar todas las naciones.

En el mismo Perigord se ve aun hoy abundante, esparcido en su suelo el mineral de hierro, á la par que grandes masas de escorias, formando montones de consideración, cubriendo por completo su superficie. La antigüedad de estas escorias está bien manifiesta, pues en sus capas superiores, la escoria está descompuesta y transformada en tierra vegetal.

Mas, á parte de la antigüedad de semejantes restos, es lo cierto que en los primitivos tiempos, no se lograba el hierro, que pudiera clasificarse de verdaderamente maleable, esto es, obtenido exento de cuerpos extraños, terrosos ni defectos que dependan de burbujas, fallas, ni con visibles rugosidades; razón por la cual, la materia así obtenida, no se doblegaba al golpe del martillo, cual hubiera deseado el herrero forjador, conforme practicó posteriormente, al disponer de más elementos para la correspondiente elevación de tempe-

ratura del horno, auxiliándola la ventilación artificial; con cuyos medios pudo expansionarse más el trabajo del metal, desarrollando con eso más sus usos, en el empleo de gran número de objetos artísticos, cuales fueron la base fundamental de aquella serie interminable de preciosas y riquísimas labores, en las épocas medioevales, y aun también en las posteriores.

23 **La fragua catalana.**—Ahora bien, tales resultados no se obtuvieron sino hasta la aparición de las antiguas y modestas fraguas catalanas, las que deberían tener en aquellas apartadas épocas, importancia y utilidad notorias, toda vez que una gran parte de las fraguas antiguas, inglesas, alemanas, italianas, las de la isla de Elba, etc., que se han ido descubriendo sin cesar, tienen la misma disposición que las que obraban en los Pirineos, y con más, de existir el precedente que en todos esos países, persistiera el mismo nombre de *Fragua catalana*, indicando así el origen de su procedencia.

El procedimiento que se emplea en el método catalán, se diferencia de todos los demás, en que el viento, en vez de ingresar en el fogón por la parte inferior, es lanzado por el contrario, de modo que caiga directamente encima de la masa de combustible y mineral.

En su primitivo origen, estas fraguas recibían el aire por medio de sencillas pieles cosidas formando odres, (una de tantas variedades es la figura citada últimamente, fig. 40), luego mucho más tarde, se sustituyeron éstas, por los fuelles en forma de abanico, lanzándose el viento á brazo de hombres, ejecutándose del mismo modo el trabajo del martillo, para dar forma al hierro al salir de la fragua.

El obrero, por medio de un mecanismo, levantaba lentamente un grueso martillo para dejarle caer en seguida con todo su peso; estos martillos pesaban algunos de ellos hasta 1,200 kilogramos.

Muy posteriormente se introdujo una importante innovación en dichas fraguas, y fué el empleo de una corriente continua de aire, obtenida por otra de agua; fué el año de 1500, que se construyó en los Pirineos un martillo movido por una rueda hidráulica; y en el año de 1700, se importó de Italia la Trompa. El principio de la Trompa es el mismo que el alimentador de Giffard, con la única diferencia, que en la Trompa, es una corriente de agua la que impulsa al aire, al paso que en el aparato de Giffard es una corriente de vapor la que impulsa al agua.



*Forja catalana.* (Figs. 42, 43 y 44). La compone un hogar ó crisol A, de forma rectangular: de las cuatro paredes, tres son verticales, y la cuarta, es una superficie cilíndrica horizontal y convexa hacia el interior; á ésta se la conoce con el nombre de *ora ó contraviento*, y está formada de una serie de piezas de hierro cortadas y superpuestas como las dovelas de una bóveda, y como formando el arranque de un arco.

*Las forjas.* Se llama así la pared vertical *a*, por la cual entra el bocín del aparato soplante, cuya pared es la que se halla opuesta al *contraviento*.

*Mano ó chio*, es la cara anterior y vertical *b* hacia la izquierda, mirando á las forjas, y en ella se encuentra el agujero para la salida de la escoria. Esta cara, como se ha dicho, es vertical, y está formada de tres piezas de hierro puestas de canto, las dos extremas contra las del medio, que sirve de punto de apoyo á las palancas, con las cuales los operarios levantan la masa de hierro aglutinada que se forma durante la operación; he aquí por qué en los hornos de cuba, esta parte ó sitio se llama el *escoriadero*.

*Cava*, es la pared vertical *c*, opuesta á la anterior, y se diferencia de las demás caras, en que toda es de mampostería trabada con arcilla. Suele ordinariamente esta cara, presentar una ligera inclinación de dentro á fuera, variable entre 5º á 8º, y así la parte inferior dista unos 0'60$^{m}$ de la cara de *mano*, y su altura es de 1$^{m}$'50 á 2 $^{m}$.

*Fondo.* La solera *d* del crisol, se forma con una gran losa de arenisca ó pizarra micácea y también de caliza, su superficie superior es plana ó ligeramente cóncava, y su tamaño debe ser tal, que puede sin dificultad reemplazarse, sin alterar el hogar.

Esta forja está arrimada á uno de los muros del edificio en donde se dispone, y separada de él tan sólo pòr un pequeño murete *e*, que se conoce con el nombre de *piech del foch*.

Las dos piezas de hierro que forman la mano, tienen por regla general unos 0$^{m}$'15 á 0$^{m}$'20 de anchura y 0'07 á 0'08 de grueso, y se conocen por *laiterolas*; y en cuanto á la otra pieza de hierro que está entre ellas comprendida, es la *restanca*.

La *tobera f*, que introduce el aire en la fragua, descansa sobre la pieza superior de las *forjas ó porgas*, se compone

de una plancha de cobre rojo, arrollada en forma de tronco de cono, y con sus bordes reunidos sin soldadura alguna. Su inclinación influye mucho en la marcha de la operación, y puede variar entre 35 y 45°. El viento que sale por la tobera, pasa antes por un cañón de cobre unido al portaviento *g* por medio de una manga de cuero *h*.

Hacia la parte inferior del crisol, hay dispuestos ciertos agujeros ó *chios* para que salgan las escorias, los cuales unas veces están practicados de antemano en las laiterolas, y otras se abren en los espacios rellenos de arcilla que existen entre la más próxima al contraviento y la retranca.

Tas *porgas* son unas barras de hierro *p*, rectangulares, de 0'12 á 0'15 de sección, que se colocan de plano unas sobre otras en el lado ó pared que lleva este nombre, y que forman así un muro cuya altura es la que háy desde el fondo del crisol á la tobera; desde ésta hacia arriba, la cara de las forjas se continúa por un muro de mampostería ordinaria, llamado *paredón*, el cual en la figura está representado por la letra *i*.

Todo el macizo de la forja catalana debe construirse sobre cimientos bien sólidos y exentos de humedad. El fondo de este macizo ocupado por el crisol no insiste inmediatamente en el suelo, sino que descansa sobre pequeños arcos ó bóvedas de mampostería, cuyo objeto es impedir que la humedad penetre en el crisol y perjudique la marcha y actividad del fuego Sobre el trasdos de estas bóvedas se extiende una capa de arcilla y escoria de forja, y sobre esta capa, se sienta una piedra de granito ó arenisca refractaria que forma el fondo ó suelo del crisol.

En estos aparatos no existe chimenea, y para dar salida á los productos del hogar, se practica en la techumbre del edificio un agujero de cuatro á cinco metros cuadrados (1).

Las dimensiones de una forja catalana son por lo regular las siguientes:

(1) En las provincias vascongadas, esta clase de forjas se construyen poco más ó menos del propio modo, siendo como es natural cambiados los nombres de las varias partes; así los nombres equivalentes son: Bergamazo - Piech del foch; Ciarzulo—Mano; Civillo —Fondo; Idurïguela — Cava; Chapa de la tobera - Las Forjas ó Porgas; Chapa de la vena - contraviento; Palanca aldia - Retranca; Ciarlecue - Escoriadero ó punto donde se depositan las escorias.



| | |
|---|---|
| Su profundidad unos. . . . . . . . . . . . . . | 0m'7 |
| Su anchura media desde la cara de chio á la cava. . | 0m'6 |
| Desde las porgas á la parte inferior del contraviento. | 0m'7 |
| Desde las porgas á la parte superior del contraviento. | 1m'0 |

Además, en las forjas catalanas, hay que contar también con el aparato soplante, el cual por medio de la tobera conduce el aire que favorece la combustión, y que casi siempre, desde los últimos adelantos es una *trompa* ó *roncadera*. También se incluye en la forja, como aparatos, el martinete y el yunque, movido el primero por una rueda hidráulica.

En cuanto al personal necesario para esa clase de forjas se reduce: *Al forjador* con su ayudante, construye y recompone el horno, vigila la trompa y la tobera, conduce las cargas y atiza el hierro producido por cada dos operaciones ó caldas.

El *Mallé* está encargado del trabajo mecánico del hierro, y cuenta también con un ayudante; vigila el martinete, recompone la rueda hidráulica, y alterna con el forjador para el estiramiento de las barras

Los *Escolás*, son dos operarios, auxiliados por dos ayudantes, y se ocupan de la reducción del mineral en la forja, y de dar las caldas necesarias para el completo estiramiento de las barras.

El *Guarda*, encargado de almacenar los productos y de procurar el abastecimiento de las primeras materias.

El *Administrador*, que se cuida de la parte económica del establecimiento.

Se ha indicado el aparato soplante llamado Trompa ó roncadela, la cual viene á constituir el fuelle en esta clase de forjas, y se compone sencillamente: 1.°, de un depósito (fig. 43) superior D, que se surte del agua de una fuente. 2.°, de dos tubos B, de 6m de altura, formados de dos maderos verticales taladrados en dirección de su eje, y que atraviesan el fondo del depósito D. 3.°, de una arca ó receptáculo inferior C con dos aberturas: una H, próxima al fondo, y otra superior E, sobre la cual hay dispuesto un tubo EF, terminando por el portaviento *g*.

El orificio superior de los tubos B, recibe una especie de embudo formado de pequeñas tablas, que se aseguran con varillas de hierro. En las paredes laterales de los mismos, y á la altura del orificio inferior del embudo, se han abierto dos agujeros inclinados *m. m'*, que se llaman *aspiradores*. Finalmente los tubos atraviesan la pared superior del recep-

táculo C, y desembocan á muy poca altura del fin de la banqueta *n*.

El agua del depósito superior D, desciende por los tubos verticales, arrastrando consigo al aire aspirado por los orificios *m*, la primera sale en segunda por el orificio H, mientras que el segundo se escapa por el tubo G.

En cuanto á las tablas que forman el embudo, se les da la posición conveniente con el auxilio de cuñas de madera, según se quiera ensanchar ó reducir la abertura por donde entra el agua. Para obtener la cantidad de aire necesario al trabajo de la forja, cantidad variable en las diferentes épocas de la operación, un operario hace bajar más ó menos los conos *z*, fijos á la extremidad de una palanca articulada, que pone en movimiento por medio de una cadena vertical. De este modo aumenta ó disminuye, según conviene, la cantidad de agua que cae, y por lo tanto la cantidad de aire aspirado.

El martillo (fig. 45) que se emplea para forjar el hierro, consiste en una maza de hierro P, de unos 600 kilos de peso, puesta al extremo de un mango de madera de encina, reforzado con cinchos de hierro, y que puede girar por medio de dos muñones que lleva la pieza de fundición H. Da movimiento al martillo el árbol A, de una rueda hidráulica, armado al efecto de levas *b*, *b'*, *b''*, *b'''*, que le empujan por la cola.

El yunque de hierro S se halla fijo por medio de un espigón *c*, que entra en su correspondiente caja, á una pieza de hierro colado *r*, encajada sólidamente con cuñas en un madero fuerte, ó en una piedra de granito B que se entierra en el suelo del taller. Para acelerar la caída del martillo, que debe dar 100 á 125 golpes por minuto, se coloca debajo de la cola del mango una piedra fuerte, contra la cual choca ésta por el movimiento de palanca que le imprimen las levas.

Veamos ahora el funcionamiento de la forja, cuyas partes ya conocemos. Se supone que se ha sacado de la fragua la masa de hierro de la operación precedente, para forjarla sobre el yunque; los operarios disponen el fuego para una nueva operación. Al efecto sacan del crisol toda la brasa que queda en él, desprenden del fondo y de las paredes laterales, las costrasa dheridas y vuelven á echar en el crisol, el carbón hecho ascua, que lo llena hasta la altura de la tobera próximamente. Un operario introduce una pala en el crisol, manteniéndola vertical y paralela á las forjas, de modo que el espacio comprendido entre ellas y éstas, sea el doble que



el opuesto, formado por la misma pala y el contraviento. Otros operarios amontonan carbón en el espacio que media entre la pala y las forjas, y echan mineral, reducido á fragmentos del tamaño de una nuez, en la extremidad opuesta. Se va sacando la pala á medida que se llena el espacio superior, y se forma de este modo un montón de mineral que se eleva $0^{m}$'2 sobre la ora, de modo que su parte superior se apoye por un lado sobre la cava, y por el opuesto sobre la banqueta de chio.

Se cubre la superficie con una capa de brasca bien comprimida, y se llena de carbón de leña, el espacio comprendido entre el muro de mineral y el fogón.

Dispuesta así la carga, se da viento por la tobera, al principio con lentitud, á fin de que el mineral se prepare; y luego aumentando su fuerza progresivamente, para que éste se vaya reduciendo. Los operarios aprovechan este instante para forjar en forma de barras la masa aglutinada de la operación precedente, y que han dividido en cuatro partes. Al efecto calientan en la fragua estas masas de hierro, colocándolas en medio del carbón hecho ascua, que hay encima de la tobera. Cuando han adquirido la temperatura conveniente, las sacan y someten á la acción del martillo.

A medida que el carbón se consume, se van añadiendo nuevas cargas, y por encima se echa mineral menudo ó triturado, que se forma cuando se quebranta el mineral en roca, tal como sale de la mina. Para que no caiga por los intersticios de la masa de carbón, se tiene cuidado de rociarlo con un poco de agua.

Bajo la acción de la corriente de aire que sube por la tobera, el carbón arde pasando al estado de ácido carbónico en la proximidad de la tobera, pero á cierta distancia de ésta, el ácido carbónico se convierte, por el exceso de carbón, en óxido de carbono. Este óxido, forzado en gran parte á pasar por entre el mineral, cuya temperatura es muy elevada, reduce el óxido de hierro al estado de hierro metálico. Pero no se reduce la totalidad del óxido de hierro, sino que una parte queda en el estado de protóxido, y se combina con la ganga del mineral formando un silicato múltiplo muy fusible. Gran parte de este silicato derretido, se precipita al fondo del crisol, y se le da salida, destapando una pequeña abertura practicada en la parte inferior de la cara de chio.

El mineral menudo que va bajando con el combustible, da al cabo de dos horas, cierta cantidad de hierro en el fondo del crisol; el operario principia entonces á formar la masa de hierro aglutinada, forzando para ello la corriente de aire, é introduciendo con cuidado una palanca entre el mineral y el contraviento, con el objeto de aproximar sucesivamente hacia la tobera, el mineral que juzga mejor preparado. Al mismo tiempo, echa con más frecuencia cargas de mineral menudo y carbón.

A las cinco horas de principiada la operación, todo el mineral ha bajado al crisol; el operario maniobra con su palanca ó hurgón para reunir los diversos fragmentos de hierro esponjoso.

Durante la última hora de trabajo, los operarios que no tienen ocupación inmediata, quebrantan con el martinete el mineral necesario para la operación siguiente y lo criban en seguida, á fin de obtener el mineral menudo ó pulverulento ya antes referido.

Los que se hallan en la fragua sacan del fuego la masa metálica y la llevan al martinete, que la bate esprimiendo la escoria líquida, y dejando mucho más compacto el hierro esponjoso. Se corta esta masa en dos partes iguales, para lo cual se aplica encima una cuña de hierro y se golpea sobre la cabeza de ésta. Se baten sucesivamente estas dos partes en el martinete, dándoles la forma de paralelepípedos rectangulares, que cada uno se divide en dos mitades. De este modo se tienen cuatro pedazos de hierro, que se forjan en barras durante el primer período de la operación siguiente.

Se invierten seis horas en cada operación de una forja catalana, el producto es de 140 á 150 kilogramos de hierro en barras, consumiendo 470 kilogramos de mineral y 500 próximamente de carbón.

La estracción directa del hierro en estado de metal dúctil, no se practica más que en los Pirineos, en Córcega y en algunas provincias de España. Semejante método exige minerales ricos y muy puros, y ocasiona además gran gasto de combustible; resulta sumamente caro por perderse gran cantidad de metal envuelto entre la escoria; esa es la razón porque únicamente se le emplea en puntos creitos, favorecidos por las circunstancias del terreno.

De todo lo expuesto, se infiere, que la industria del hierro á la catalana, tardó muchos siglos en perfeccionarse, pues



desde sus primitivos tiempos en que se echaba mano de fuelles elementales, y ya indicados más arriba, en los que por su medio, el viento se lanzaba á brazo de hombres, hasta la aplicación de la trompa italiana en el año 1700, los rendimientos del metal fueron progresando de un modo paralelo á las mejoras y modificaciones que en distintos períodos se introducían. En sus primitivos tiempos, se obtenían de 5 á 6 kilogramos de hierro por operación, las fraguas eran entonces de muy reducidas dimensiones, mas, acentuándose más y más la necesidad del metal á medida que se le iba empleando y conociendo, hubo de aumentarse los rendimientos, dando con ello mayores dimensiones á los hornos y se obtuvieron hasta 15 kilogramos de metal, luego llegó á aumentar hasta 50 ó 60 kilogramos por operación.

Más tarde se modificó el crisol, haciéndole enteramente cuadrado, elevándose más la cara opuesta al viento, para aumentar la carga de carbón y de mineral, y así hacia el año de 1750 se llegaron á producir 120 kilogramos de hierro por operación. Por último, las últimas dimensiones que ha alcanzado el crisol son de 50 á 70 centímetros en la parte inferior, 80 de diámetro en la superior y cerca de un metro de altura, ó sea en término medio las dimensiones que más antes hemos indicado, considerándola como á término medio.

El empleo de la forja catalana ha casi desaparecido hoy día, las necesidades cada vez más crecientes exigen grandes cantidades de metal, que aquellas forjas con su pequeña relativa producción, no pueden proporcionar, y aunque parece que se han hecho algunas tentativas; sobre todo por los propietarios de los bosques pirenaicos, al objeto de volver á los antiguos procedimientos; su empeño no ha prosperado. Es que la civilización siempre dice: *más allá*.

Se ha alterado algún tanto el orden de la cronología para con respecto á la sucesión de los hechos y progresos de la fabricación del hierro, por lo referente á las fraguas catalanas, todo con el objeto de que se pudiera tener de momento y no truncar el orden progresivo de dichas especiales fraguas, desde su aparición embrionaria, hasta conocerla tal como la dejaron los últimos adelantos é innovaciones; siguiendo ahora otra vez y volviendo á tomar el orden cronológico y sucesivo de fechas.

24. **Trabajos en la isla de Elba.**—El año 700 fué notable por los trabajos que en gran escala se desarrollaron en

la isla de Elba, los mayores que hasta entonces se habían realizado.

En pos de ellos siguen en el año 712 los trabajos de explotación, y en gran escala, en las minas de la Stiria y las del Erzgebrige.

25. **Arte de forjar el hierro en Bohemia.**—En el siglo IX, el arte de forjar el hierro empieza á extenderse cundiendo rápidamente en las regiones de la Bohemia, Sajonia y el Harz.

26. **Exportación de hierro en Vizcaya durante el siglo IX.**—En este mismo siglo, y según noticias que nos da Scherer en su *Historia del Comercio*, y en el tomo 1.º aparecen buques españoles en el Golfo de Vizcaya. Bilbao, la plaza más importante de dicho Golfo, exportaba por mar cantidades considerables de hierro, extraído de las montañas inmediatas (1).

27. **Trabajo del hierro en el siglo X, en España y Países Bajos.**—En el siglo X se trabaja en gran escala en las forjas de España y Países Bajos, y si bien la actividad y cantidad de producción era mucha, quedaron por otra parte estancados los adelantos cuales eran nulos, y así se continuó ejerciendo los antiguos procedimientos para la extracción del metal, permaneciendo con las mismas prácticas, estacionada la metalurgia del hierro, y eso durante muchos años.

28. **Aparición del Stuckofen en Alemania y Borgoña.**—Del año 950 al 1000, aparecen en la Alsacia y Borgoña los *Stuckofen* ú hornos para masa, llamados con dicho nombre por los alemanes, quienes lo emplearon en gran cantidad.

El *Stuck* ó masa de hierro acerosa, que se sacaba de estos aparatos, era generalmente de mala calidad, teniendo necesidad de someterla á nuevos refinamientos para producir el hierro ductil ó sea el *acero* (2).

(1) Scherer damos por supuesto que se referirá á otra población anterior á la actual Bilbao, ya que ésta no fué fundada hasta el año de 1300, por Diego López de Haro.

(2) Agrícola nos hace una ligera reseña en un libro *Re metálica*, de como se llevaba la operación en los Stuckofen, diciendo en resumen: que se empleaba un fogón de algunos pies de altura y de diámetro, pero de dimensiones variables, según la cantidad que se quería obtener. La combustión del carbón se activaba por medio del viento que producían los fuelles movidos por una rueda hidráulica, y la fusión de las tierras se facilitaba por medio de una adición de cal. Invertíanse en la operación hasta diez horas; y luego los escombros se hacían salir por una abertura dispuesta al efecto. Se obtenía así una masa férrea que alcanzaba hasta 100 libras de peso; el maestro y sus ayudantes la sacaban del horno por medio de paletas de hierro, y colocándola en el suelo la golpeaban vigorosamente con martillos de madera para extraer las escorias y apretar las moléculas del hierro. Después se la colocaba sobre el yunque de un martinete movido á su vez por una rueda, y allí se acababan de soldar unas con otras las moléculas, obteniendo una masa que se corta con un escoplo y martillos, en cuatro ó cinco partes. Cada una de estas era estirada por el herrero en un yunque habitual, y así se lograban barras propias para todos los usos.



29. **Establecimiento de forjas en Kimberwork.**—El año 1160, se establecen las forjas y los hornos de afinamiento en *Kimberwork*; notables como ningún otro trabajo en su género, en aquella época, siendo muchos los establecimientos implantados en aquella localidad, y todos ellos fueron de gran importancia por los productos obtenidos, tanto en cantidad como en calidad, comprendiéndose que así fuera, por ser consecuencia dichos establecimientos, de haber descubierto en la misma localidad, abundantes á la par que ricas minas de hierro por su buena calidad.

30. **Introducción de las forjas en Inglaterra.**—La carencia absoluta de datos estadísticos, hace que sean ignoradas las épocas primitivas en las que fueron introducidas las forjas en Inglaterra. Unicamente se sabe sobre este punto, que ya la industria metalúrgica había alcanzado relativo progreso en la época de la invasión de los Normandos. La ciudad de Glocester era el centro de semejante industria, la cual, con anterioridad era ejercida solamente y concretada á los condados vecinos de Surrey y Kent, esto es, hasta que se empezó á consumir la hulla como combustible.

Se citan también entre esas forjas, por su antigüedad, las que datan de la época ó reinado de Eduardo el confesor (este era Eduardo III, que ocupó el trono en 1041; hizo reglamentos llamados *Leyes comunes*, y la vida santa que llevó su esposa le valió el ser colocado en el número de los santos; murió en 1066), cuyo hecho se ha podido comprobar en virtud de los pergaminos en los cuales, vienen calendados los tributos que la ciudad satisfacía al rey, cuales consistían en 36 *dicres* de hierro, constituyendo cada dicre 10 barras; mas 100 barritas de hierro estirado y con destino á la fabricación de clavos, necesarios para las construcciones navales de la casa real.

Como forja de antigua fecha, para la explotación del hierro en Inglaterra, se cita la que en 1342 se estableció en *Lynch.* También se mencionan las que se establecieron en los famosos bosques de *Dean;* allí los primeros hornos que se emplearon eran de forma cónica invertida, recibiendo el aire por un orificio practicado á este objeto, pero de modo que el aire ingresaba por natural y simple tiraje, sin fuelle ni máquinas sopladoras; el mineral y el carbón se introducía por la boca superior y alternando por tongadas. Semejante modo de obrar ocasionaba que se malograra no poca cantidad de metal, y tal así sucedía, que aun hoy día se descubren en ciertos puntos de aquellas localidades, una gran cantidad de escorias que contienen de un 30 á 40 por ciento de metal casi reducido, habiéndolas empleado, según indica David Mushet, junto con nuevo mineral, con el cual se mezclaba por mitad, en las nuevas operaciones de reducción, y eso durante el largo período de 200 años.

A los simples hornos empleados haciendo tan sólo uso del tiro natural, sucedieron los que ya contaban con fuelles ya movidos por hombres ó ya también por animales; mas aun así y todo, la producción no era lo suficiente para las necesidades que sin cesar se creaban, viniendo por último á dar más impulso á los trabajos, las máquinas sopladoras, habiendo logrado ya en el año de 1620, resolver el problema de la completa fusión (1).

**31 Epoca medioeval.**—Ya en el párrafo n.° 19 hemos indicado como en los siglos v y vi vinieron á interrumpirse los progresos que dimanan de la industria, de las artes, de las ciencias y de todo saber, gracias á los continuos contratiempos y estado anómalo de los pueblos, vejados por la avalancha de los llamados bárbaros del Norte, y aunque esas hordas invasoras no eran del todo extrañas á las primitivas prácticas del trabajo del hierro, sin embargo, la industria dependiente del laboreo de este metal, tuvo que pasar por la ley general que pesaba sobre las demás industrias, concretándose solamente las producciones de esos indómitos invasores, á aquellas que se avenían mejor con su modo de ser, con sus necesidades y con el plan que iban providencialmente desarrollando; es así pues, que dieron preferencia y se dedicaron á la fabricación de sus armas, de sus carros y utensilios de combate, dejando de otra parte en abandono todo lo que se relacionaba con el empleo del metal en la construcción.

(1) Algunos autores aseguran que fué en el siglo xv, que se descubrió la fusión del hierro al estado de carburo (*Karsten*). La fundición permitió entonces la fabricación del hierro á precio más económico Se reconoció que los hornos, ya más elevados, permitían obtener indiferentemente la fundición ó el hierro.

La fundición se obtenía manteniendo la masa metálica en fusión bajo un lecho de escoria, que de este modo impedía su oxidación ulterior.

El hierro, por el contrario, se preparaba aumentando la proporción de mineral con relación á la del carbón y haciendo que cayera con cuidado la capa de escorias que sobrenadaba.

Andando el tiempo se demuestra que los productos obtenidos se liquidan tanto más fácilmente cuanto más elevado es el horno y la elevación de temperatura sigue siendo más continua.



Sin embargo, durante el largo lapso que transcurrió con tanta revuelta é inestabilidad, dentro las mismas sociedades, sabido es que si las artes, las ciencias y todo género de saber, no naufragó por completo en tan tormentosos días, fué debido al celo de aquellos hombres, que huyendo del mundanal ruído, y buscando en la soledad y el retiro la paz del alma para elevar las preces al Altísimo, se proponían al mismo tiempo, proporcionar todo el bien posible á las sociedades, mejorándolas y fomentando el progreso de toda clase de conocimientos. De esos grandes centros, llegaron á salir andando el tiempo, verdaderas lumbreras en todo grado de saber humano.

En semejantes circunstancias, los monjes se hicieron constructores, dedicándose á ese efecto, á todos los ramos que de la construcción dependieran; hé aquí, pues, habiéndose hecho herederos de todas las prácticas y conocimientos que hasta aquella fecha se habían adquirido, sobre la elaboración y trabajo del hierro; trataran de proseguirlas mejorándolos, y tomando avance en su noble, utilísima cuanto provechosa empresa, y nunca bastante bien reconocida, por las sucesivas generaciones.

Así fué, pues, como de los establecimientos monásticos salieron los grandes alientos y empresas, para continuar la industria de la explotación de las minas de hierro, antes casi abandonadas, y al efecto se construyeron hornos, se establecieron forjas, viendo recompensados sus sacrificios, y en relativo poco tiempo, con las mejoras que tendían á la senda del perfeccionamiento, pudiendo con su auxilio, proporcionar para los usos comunes, toda la cantidad de hierro necesario,

y convenientemente preparado y trabajado al martillo; así fué, como semejante arte fué tomando incremento; con él, pro gresaba tanto más el arte del cerrajero, quien contaba cada día que transcurría, con mayor número de elementos, que le permitían el desempeño de su trabajo, con más garantías de éxito en la buena factura de su labor. Así fué como al llegar á los comienzos del siglo XII, la industria del hierro forjado, había ya adquirido un notable adelanto, y eso tanto más en cuanto, que en aquella sazón no contaban aún los constructores, con los medios potentes que dan hoy día nuestros laminadores, cilindros, hileras, máquinas de vapor... etc., y por lo tanto, salta á la vista, que la cantidad de la producción había de ser proporcionada á la entidad de los elementos auxiliares con que contaban. El martinete movido por una corriente de agua, era en suma todo el material con que contaba el taller ó las *Oficinas de beneficio* como se llama ahora.

El hierro obtenido en forma de *lupias* ó trozos forjados, más ó menos irregulares, se entregaba á los herreros, y éstos se encargaban de darle las formas de lingote ó barras de mayor ó menor tamaño, forjadas á fuerza de brazo, siendo el martillo el único instrumento que podía disponer el obrero, pues la mayor parte de útiles con que hoy cuenta, no existían en aquel entonces; por esto se ha podido reconocer hoy, que el trabajo del martillo en aquella época, había llegado casi á la perfección, pues la necesidad obliga, y ella ha sido el origen de que se vencieran dificultades, en principio creídas invencibles.

Los herreros de aquella época, habían pues adquirido una gran habilidad, no solamente para la forja, sino que también para todo lo referente á las distintas índoles de operaciones para con el consabido metal, así fueron muy mañosos para hacer soldaduras en caliente, soldaduras que hoy se efectúan con suma dificultad; si bien es verdad que hay que considerar que los procedimientos que se empleaban para reducir el metal, consistían en el repetido número de operaciones de esta misma reducción, comunicando con esto al hierro cualidades tales, como no las pueden proporcionar nuestras actuales prácticas.

En efecto, nuestros hierros pasan del estado de *lupias* de fundición apenas trabajado por el martinete, al estado de barras, con auxilio del cilindro laminador, sin que preceda operación intermedia, mientras que en aquellas lejanas épocas, el hierro no pasaba del estado embrionario ó de lupia al de barras, sino de una manera lenta y cuidadosa, por medio de un continuo batido; así el hierro adquiría una gran tenacidad, al mismo tiempo que la flexibilidad extraordinaria y tales como no la llega á adquirir con nuestros procedimientos. No es de extrañar, pues, que resultase, obrando de aquel modo, formando una masa más concreta, ductil y maleable, así como menos acribillado, hendido en el estado de fundición, no era tan fácil que se quemara, y se soldaba mejor al rojo blanco, sin que en estas operaciones sufriera el percance de la rotura.



Por otra parte, estas cualidades á que alcanzaba el hierro batido á fuerza de brazo, ponen más en evidencia el tino y habilidad de los herreros de aquella época, para practicar aquellas admirables soldaduras de las piezas complicadas, cuales exigían diversas caldas, sin que con ellas llegaran á quemarle, operación por cierto muy dificultosa, y por la que es preciso reúna el herrero artista un conocimiento perfecto de los grados que sucesivamente va pasando la operación, y hasta haber adquirido también con la mucha práctica de repetirla, aquella intuición especial, que sólo se adquiere sino cuando se alcanza á dominar la situación.

Se empleaba entonces el carbón vegetal, sea para obtener la fundición, sea para convertir las *goas* en *lupias* y en hierro batido. El carbón de madera deja al hierro cualidades de ductilidad de que le priva en parte la hulla.

Semejante período de esplendor, tuvo también su decadencia artística; no industrial, pues, al trabajo del hierro le sucedió lo que á otras industrias, esto es, que á medida que se hacen progresos mecánicos, y con los inventos se aumentan la rapidez, la potencia y la economía, en virtud de los nuevos medios ó procedimientos empleados; así también se pierde y se da al traste con aquellas prácticas artísticas y mañosidades desplegadas al golpe certero é intencional del hijo de Vulcano; y efectivamente, ya puestas las cosas en la nueva situación, no necesita el herrero de aquel prolijo cuidado, cuanto entendido conocimiento en la materia, ya que las máquinas y nuevos medios vienen á substituirle.

Tal fué el notable hecho de contraste, que llama la atención, recorriendo el período de la Edad Media, pues al paso que la cerrajería de detalle ó de pequeñas dimensiones, adquiere un notabilísimo adelanto, haciendo en ella gala los

cerrajeros, de ser maestros consumados para dominar semejantes trabajos y produciendo maravillas, doblegando caprichosamente al robusto metal, para hacerle tomar las formas y dibujos que más les pluguiera, y no conociendo en ello imposibles; en cambio, el herraje en grande ó de conjunto, persevera como en los primitivos tiempos, y esto en virtud de no contar con los medios necesarios, cuales aun no habían alcanzado la altura suficiente para desarrollar su acción, cual lo hicieron pasados algunos siglos.

Precisa, aunque brevemente, pasemos en revista algunos trabajos de detalle correspondientes á esta época, y ellos con un simple análisis nos demostrarán con precisión lo muy expertos y adelantados que se encontraban los maestros cerrajeros en su difícil arte, bastándoles sencillos y elementales útiles, movidos con fuerza muscular, para producir verdaderas maravillas al trabajar el hierro, pues conociendo á la vez sus propiedades, dependientes de las distintas temperaturas á que se le sujete, aguardaban las ocasiones más oportunas de temperatura y caldas, para descargar en el momento supremo su martillo, y con el golpe creador obtener el efecto deseado; ó aprovechar de otra parte el caldeo de dos hierros en el grado preciso é inminente, y que sea apropósito para llevar á cabo su soldadura.

32. **Bisagras.**—Uno de los detalles en que con más fruición y hasta con cuidadoso cariño se dedicaron, fué la construcción de *bisagras*, (1) obras, algunas, verdaderamente artísticas y de gran valor, apareciendo en las mismas, portentos en su paciente y afiligranada labor. Y es que en aquella época ó período, eran los constructores más lógicos que en los actuales tiempos, en los que se ocultan las bisagras, al colocarlas en la parte posterior de la puerta, convirtiéndose con ello en sencillos hierros que puede confeccionar el aprendiz más principiante, mientras que entonces se ostentaban gallardamente, campeando en las caras anteriores ó de fachada, correspondientes á las hojas de la puerta, exhibiendo así un elemento de necesaria utilidad, cual motivaba al propio tiempo un elemento de decoración; así ésta nacía directamente de la misma estructura de la construcción, principio racional por excelencia.

Al principio aparecieron sencillas (figs. 53 y 53') y se componían de un anillo *a*, en el cual se introducía el alma ó espiga del giro ó gozne; la escuadra *b* que abraza á la hoja de puerta en su grueso y pata ó faja *c*, que sirve para asegurar todo el hierro en la mencionada hoja. Para este último fin coadyuva un pasador *de* que atraviesa el grueso de la madera, y la fija fuertemente con auxilio de una cola *f f'* que lleva bifurcada en su extremo, doblegando luego las dos ramas

(1) Bisagra: Del árabe *bab*, equivalente á puerta, y *sagra* quevale tanto como apoyo ó seguridad. Piezas de metal de forma variada, que sirven para sostener y mover las puertas, tapas de cajas y demás cosas que se abren y cierran.

En la Edad Media era un detalle de mucha importancia, y eran de dimensiones bastante regulares, pues se acusaban al exterior dando motivo y aprovechándolas como á ricos objetos ornamentales con que se embellecían las hojas de las puertas, cofres... etc., etc., luciendo en su labor el ingenio y fantasía los maestros herreros, verdaderos artistas en su género.

Hoy día la bisagra ha perdido aquella importancia, concretándose solamente á su objeto utilitario, siendo por lo tanto de pequeñas dimensiones, lisas y sencillas, colocadas ocultas y en la parte posterior de las puertas ó tapas que han de moverse. Se componen de dos pequeñas planchas de hierro ó latón (fig. 46) llamadas palas, provistas de anillos que engranan los de la una pala con los de la otra, y á los que atraviesa un *pasador* ó clavija, asegurándolas.

(Cada docena de bisagras chicas á real. Pragmáticas de tassa, año 1680, fol. 28). Usóse ya por los romanos la bisagra á que daban el nombre griego de *ginglimus*, ostentándose hoy día algunos de sus ejemplares en varios museos. La fig. 47, es un ejemplar hallado en Pompeya y la fig. 48 es un ejemplar conservado en el museo británico. Eran regularmente de bronce y de modelos uniformes, lo que hace presumir que su construcción era objeto, como hoy día, de una industria especial.

*Bisagra de cola.*—La que tiene las palas en forma de cola de milano (fig 49), usada comúnmente en vidrieras.

*Bisagras de chapa vuelta.*—Aquellas cuyas dos palas quedan interiormente usándose mucho en estantería (figs. 50 y 51). También las hay acodadas como en la fig. 52, que abraza todo el grueso de la hoja en que se colocan.

*Bisagra de mostrador.*—La que tiene un pequeño tope en su medio para que en el giro no pase en el plano de las dos palas, son usadas en mostradores y cierres de vidrieras en las tiendas.

*Bisagra de ramal.*—La que tiene sus dos palas muy enlazadas y en línea recta, como las usadas en las arcas.

*Bisagra de Tao.*—La que teniendo sus tres lañas y el pasador fijo ó movible, están sus palas en forma rectangular.

*Bisagra de té.*—La que teniendo una pala ó ramal largo, forma con el otro una letra T.

sobre el ras posterior de la madera, quedando así el hierro pasador formando una letra T. Finalmente los clavos en $g$, $g'$, $g''$... etc., contribuyen á hacer solidaria la bisagra sobre la hoja de la puerta. La mocheta está representada en, *h*, *i*, *j*, y el saliente *k* es el hierro que fija el gozne en el interior del muro (fig. 53'').

33. **Bisagra de doble pata.**—Mas otras veces, en la bisagra, son dos las fajas que la forman. Aprisionando así entre ellas la media hoja de la puerta, como muestra la fig. 54 y también la fig. 54', de modo que con semejante disposición, una de las fajas continúa ostentándose en la cara anterior, y la otra en la posterior, mas estos ejemplos primitivos no ofrecen gran dificultad de ejecución, como no sea la soldadura del ramal ó faja de bisagra con el hierro que contiene el anillo del giro ó sea su *garganta*.

Esta clase de bisagras, compuestas de grandes fajas ó patas, tanto anteriores como posteriores en la hoja de la puerta y cogiendo á ésta casi algunas de ellas en todo su anchura, tenían un racional empleo; y en efecto, el sistema adoptado en la construcción de los hojas de madera, era por demás simple y elemental; formadas de sencillos tableros, adjuntos, de relativa poca anchura, teniendo necesidad de trabazones, y con ello la aplicación de esas grandes fajas ó patas de la bisagra, cuales como haciendo efecto de cepos para la trabazón de madera, ofrecía garantías en su mutuo enlace. Los carpinteros no se decidieron hasta mucho tiempo después, á embellecer las puertas con molduras, embutidos, plafones... etc.; así es que mientras su construcción persevera sencilla, dominando paramento liso y llano, fué á su vez tomando más importancia el dibujo de la bisagra, acompañando su pata una serie de caprichosos y variados adornos que se extendían á derecha é izquierda, superior é inferiormente, cogiendo siempre mucha más superficie de la hoja, contribuyendo así á afianzarla más. De todos modos, en la mayor parte del período medioeval, fueron mucho más importantes los progresos realizados por la cerrajería, que en las demás industrias; y tamaña especie se nota si cabe, más acentuada concretándonos á Cataluña, patentizándolo así, no solamente los trabajos que de aquella época nos legaran nuestros mayores, sino que también el gran interés que revisten los diseños conservados relativos á las *pasantías* del gremio de maestros cerrajeros.



Mas, á medida que se iba entrando en conocimiento de las propiedades del hierro, se sacaba de el mejor partido, haciendo de este detalle de herraje, cual es la visagra, tan útil é imprescindible, objeto también de decoración, haciendo gala de su ostentación, conforme ya antes hemos indicado, y no ocultándolo como hoy en general se hace. De aquí vino que cuando la puerta fuera destinada á algún edificio de importancia, los maestros herreros lucían allí los dotes de su pericia en el arte, sacando partido de la complicación que daban al trabajo que formaba las palas de la bisagra, para así fortificar más y más los tableros de la puerta, llegando con ello á combinar lo bello con lo útil, saliendo en su armonía formas caprichosas y elegantes.

34. **Bisagra afectando la forma de una letra C.**—Las bisagras más antiguas, en el concepto artístico, datan de á principios del siglo XI, y afectaban en el desarrollo del ramal ó pala, la forma de una gran letra C (figs. 55 y 55'), la cual está soldada en la pata del mismo gozne. Esta C, en general de un dibujo caprichoso y correcto, se extiende á bastante altura y anchura, para así poder sujetar á bastante extensión el mayor número de tablas posibles de la puerta, próximas al quicio. Una fuerte clavazón, ó pernos, distribuídos por todo el contorno de la C, se encargan de hacer fijo todo el herraje, á la par que contribuyen á su ornamentación.

35. **Falsa bisagra con soldadura.**—El gran número de bisagras que nos ha legado aquella lejana época, nos demuestra en su examen, que el arte de la soldadura había llegado á su apogeo. Así es en efecto, como ya vemos un dibujo llevado de tal modo, que á lo largo de un ramal principal de la bisagra, se derraman caprichosamente cada uno por su lado y en simetría, una porción de tallos curvilíneos, éstos debidamente soldados en el tallo de donde nacen.

Otras veces salen ó nacen de un centro general, gran número de curvas y lacerías en forma de caulículos, y entonces las soldaduras de cada uno de ellos converge al centro general, cuya disposición ofrece mucha dificultad, y necesita el que tal trabajo emprende, ser un maestro de primera fuerza en tan buen se puede decir maravilloso arte.

Extendemos algún tanto estas consideraciones, para hacernos cargo de tan especial trabajo, escogiendo como á ejemplo la *falsa bisagra* (1) que aparece dibujada en la figu-

(1) Llámase así cuando la pata ó gran ramal es independiente del

ra 57, lámina 3.ª. Este dibujo, para la mejor marcha del trabajo de forja, lo podemos dividir en seis secciones generales, y son: 1.ª El centro O, comprendido en el cuadrado *a*, *b*, *c*, *d*; 2.ª Los cuatro ramales curvilíneos *A*, *B*, *A'*, *B'*; 3.ª Los otros cuatro ramales curvilíneos E', F', E, F, hasta la línea de unión marcada con las letras *m*; 4.ª los ramales curvilíneos G, H, G', H'; 5.ª Los pequeños caulículos y hojas, que nacen de los distintos vástagos, y 6.ª La hoja en punta de lanza I, I', que remata las partes laterales. Empieza, pues, el herrero á forjar la pieza central O, ésta la suponemos aislada en O' (figura 57'), armada de las ocho pequeñas bifurcaciones 1, 2, 3, etc.; luego forjará aparte y sueltas las piezas E, F, etc. G, H... I; en las piezas A, B, G, H... etc., procederá á soldar los caullículus y hojas, teniendo en cuenta que esta operación la hará antes de encorvar el hierro E, concluyendo con los caulículus, pues así estos últimos, cabalgando sobre las primeras, contribuirán á que aquéllas queden más embebidas en el grueso del vástago del hierro. Procede luego á formar las soldaduras X, y al efecto calienta al rojo blanco las piezas G, H, en su extremidad X; hará lo mismo con la extremidad de la pieza I (ésta se hallará preparada en I¹ fig. 57''); así calientes las juntas en X las dos primeras, y á fuerza de golpes con el mazo, logra por fin soldarlas, colocando en seguida encima de ellas, la pieza I, que también logra soldar á las otras dos, por medio de la percusión.

Pasa luego á proceder á las soldaduras en *m* de estas últimas piezas con las E, F, E', F', siempre calentando sus extremidades al rojo-blanco, y produciendo luego el empalme con la fuerza muscular; y finalmente y por partes, va soldando cada ramal 1-2, 3-4 etc. de la pieza central, con cada uno de los vástagos E, F, E', F', así como las A, B, A', B'; esta última operación es en extremo difícil, y necesita por parte del obrero, una inteligencia, cuidado y destreza suma, pues se comprende perfectamente que habiendo de repetir ocho veces distintas la operación de la soldadura, esto es, una para cada rama, viene obligado á trasladar al fuego una porción de veces á la pieza O', y ellas tales, que cada vez ha de calentar una de las ramas, y como quiera que unas de otras

---

hierro del gozne, siendo su función sólo para fijar y unificar mejor los tableros de la puerta próximos al gozne, al mismo tiempo que se saca mejor partido con su dibujo para una bella ornamentación.



están bastante próximas, se corre riesgo que aquella que aun no le haya llegado el turno, se queme antes de hora y se malogre. Salta también á la vista lo incómodo y pesado que resulta el caldeo de los extremos de las piezas E, F, E', F', para soldarlas con O, pues teniendo ya trabajado todo el trecho comprendido en *bc* é I, precisa mover de un punto á otro todo ese conjunto de un peso bastante considerable, que dificulta lo manual del trabajo. Los extremos de las ramas vienen arrolladas tal como demuestra el detalle (fig. 57''), y de modo que dejen un pequeño orificio para alojar un clavo.

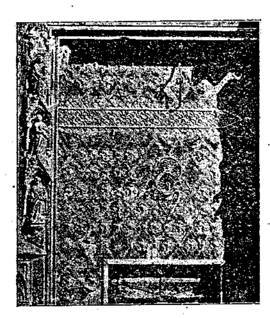


Figura E

**36. Hierros de la puerta de la Catedral de Tarragona.**—Como modelo en su género se representa en la figura E los herrajes de la puerta de la Catedral de Tarragona correspondiente al siglo XIV, en la que el cerrajero obra raros portentos en su trabajo afiligranado. Grandes fajas como abrazaderas de hierro, abrazan cada una por entero la media hoja, alojando en el recuadro dispuesto en su centro, una fina y pacientísima labor de dibujos caprichosos é imitando cual si fuera tupida malla. Luego todo el resto del campo de la puerta, está recubierto con una red de losanges, combinados con bonitos florones centrales y pernios en los cruces, todo lo cual constituye un verdadero refuerzo en la media hoja de la puerta, la cual queda encerrada, ó mejor dicho, aprisionada por aquel laberíntico trabajo, concurriendo junto con el elegante dibujo del aldabón á presentar una combinación de bellísimo efecto y rica por demás.

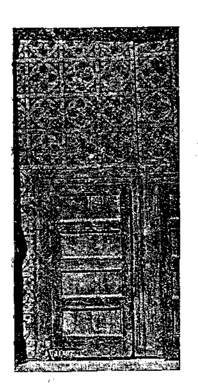


Figura F

**37. Herrajes de una puerta de Santa María del Mar, de Barcelona.**—Todos los herrajes de esa época, al igual que las producciones de las demás industrias, afectan el mis-

mo gusto que inspiró las obras arquitectónicas, tomando como á motivos de decoración, los círculos, cruces, enfajados, tracerías, mascollas, etcétera, ejecutadas con rara habilidad (véase la fig. F, en el cual representan algunos herrajes decorativos de la puerta de la iglesia de Santa María del Mar en Barcelona) obteniendo así todo el efecto y partido posible de las condiciones especiales de la materia empleada. Las cerraduras y cerrojos están embellecidos con artísticas labores y primorosas tracerías; las puertas hállanse cubiertas con planchas de hierro de delicado adorno, y sujetas á la madera por grandes clavos, ostentando herrajes admirablemente forjados. Los preciosos aldabones y cerraduras contribuyen al embellecimiento, y es que muchos de estos objetos pueden considerarse como verdaderas obras de arte.

38. **Herrajes de la iglesia de Blazincourt.**—Ya en el siglo XII, trataron los maestros herreros de cambiar algún tanto el sistema de llevar el trabajo, para con respecto al hierro, cuando las circunstancias hicieran que aquel fuese acompañado con detalles ornamentales, pues se comprende lo engorroso y difícil que es, el adoptar el sistema de soldaduras cuando aquellos detalles son en gran número, y por lo tanto exigen muchas operaciones de soldadura. A este efecto, el sistema que adoptaron es sencillísimo en principio, y permite también sacar gran partido de la ornamentación. Queda reducido á desgajar en caliente, en cada uno de los hierros que forman los vástagos principales del objeto de conjunto, una serie de tiras erectas (como las que ofrecen las ramas de palmeras en el principio de su crecimiento), y en seguida que se han obtenido, arrollarlas como en forma de volutas ó caulículos ú otras formas caprichosas que se proponga el autor del dibujo. Tal es el procedimiento empleado para la bisagra de la fig. 58, la cual proviene de la puerta de la iglesia de Blazincourt, que data del siglo XII. Así sea (fig. 58') una faja ó tira de hierro plana; A, se le somete al fuego, y ya una vez en caliente, se la hiende en los cantos de modo que se desgajen de los bordes largas tiras en forma de lengüetas, señaladas por las letras *a*. En semejante estado, puede sometérsele otra vez al fuego, y una vez así que haya adquirido la maleabilidad conveniente, se le va encorvando por su canto hasta adquirir la forma que haya de afectar, y así se tiene en la fig. 58 el hierro en B. Una vez obtenida la faja en semejante disposición, es que se procede á encorvar las lengüetas *a*, en la fig. 58' para que acusen las volutas *a'* de la fig. 58. Al objeto de hacer solidario el sistema con la madera de la puerta, se dejan de intento todas las volutas con un pequeño ojo en su centro, por el cual se le aloja un clavo como el señalado en C en la fig. 58'' y en C' en la fig. 58'''; estos clavos, junto con los señalados en los orificios *b*, *b*, *b*, etc., fijarán la pata con toda seguridad, dando un buen enlace para los tableros de la puerta.



Para aumentar el mejor efecto del dibujo, á la rama E, que nace de la bifurcación de las dos grandes volutas, se la termina con la cabeza de alguna alimaña ó animal raro, como indica el dibujo de la fig. 58^IV en F; pero el trozo de faja en donde viene figurado, se hace preciso cortarla, henderla y trabajarla en caliente hasta obtener la figura de dicho grifo, antes de pasar á doblegar las grandes volutas laterales á que adquieran la curvatura en espiral, pues de lo contrario, se correría riesgo de malograr el trabajo de las mismas. Finalmente, se concluye soldando toda la rama curvilínea, con el ramal recto de la bisagra en D.

39. **Bisagra de la Catedral de Schlestad.**—Pero en la práctica de las soldaduras se habían hecho tantos adelantos y adquirido tanto arte y pericia, que en el siglo XII, hasta se sacaba partido de semejante operación para reforzar la pieza, aprovechándolas como un medio auxiliar en el ornato; y al efecto, en todos los sitios del dibujo en donde aquéllas habían de efectuarse, se reforzaban aplicando mayor masa de hierro, formando dibujos á la par que disimulaban la unión. Para evidenciar semejante proceder, examínese atentamente el ejemplo de bisagra de una puerta de la catedral de Schlestadt, obra del siglo XII (figs. 56 y 56'), y nótese bien el dibujo como está concebido y combinado, y se verá que el sistema de soldaduras precisa que se lleve á efecto en ciertos puntos, como en A, unión del alma ó pala de la bisagra con el hierro vertical C, de donde arrancan las ramas curvilíneas; así, pues, se da en A, al hierro mayor espesor y ancho, y con ello no hay duda que tal proceder fortifica el enlace, y si luego atravesamos este refuerzo por el clavo, cuya cabeza es el rosetón H (fig. 56'') del detalle, entonces habrémos conseguido un bello y razonado ornato, y con ello una solidez á toda prueba.

También se trata aquí del vástago de la banda ó faja, en el trecho D, nacimiento de la soldadura, lleva un refuerzo

con su ornato; este refuerzo y el ensanche de la faja en G en forma de pera, contribuye á facilitar la construcción de la soldadura, al paso que dan mayor movimiento á la silueta del dibujo. Este refuerzo D, está trabajado al buril después é inmediatamente de forjado á brazo.

En E hay también una soldadura, unión del extremo del brazo rectilíneo F A con los dos ramales curvilíneos E, echando mano de un refuerzo de cáliz que simula el nacimiento de la rama E, aquí también se nota el retocado del buril, para ir perfeccionando las líneas del dibujo. El retoque con el buril para el respectivo grabado, se hará aprovechando el preciso momento á empezar á enfriarse el hierro, y cuando haya llegado al rojo de sombra, cuyo retocado contribuye considerablemente á hacer más compacto y uniforme la soldadura, á la par que disimula las desigualdades producidas por el batido sobre una superficie plana.

En los puntos *g* de las bifurcaciones de las ramas curvilíneas, hay también soldaduras y sus refuerzos correspondientes, acompañados igualmente de ornato, insiguiendo los mismos principios anteriores. En el detalle I (fig. 56") está la sección recta *ab* de la faja general.

40. **Célebres bisagras de Ntra. Sra. de París.**—Mas, aun al llegar el siglo XIII, se complicaron más los trabajos de las bisagras, pues las que acabamos de ver son relativamente sencillas, bajo el punto de vista de que no siendo demasiado complejo su dibujo; no exigían más que un solo grueso para el vástago del hierro, mientras que las correspondientes á algunos ejemplares del siglo XIII, eran fabricadas con varios gruesos, acudiendo al recurso de superposiciones de varias piezas de hierro, exigiéndolo así el especial y característico ornato de su composición.

Además, aumenta más si cabe la dificultad, el querer los herreros de dicha época, inspirarse en los artísticos trabajos de orfebrería, de los cuales, no puede ocultarse la influencia que tuvieron en los artísticos ejemplares de objetos de hierro, que aun hoy admiramos con encanto, al ver los primores y delicadísima labor, hecha con metal tan fuerte y tan duro como el hierro. Hé aquí porque con semejantes aficiones é influencias, se adoptara ya el procedimiento de labrar los hierros, martilleando el metal candente, contra matrices duras y frías, debidamente vaciadas.

No hay duda ninguna, que el trabajo de más valía en ese



género, que salió de las manos de los herreros de ese período, fueron las valiosas cuanto artísticas bisagras de las puertas de la Virgen y Sta. Ana, de la iglesia de Ntra. Sra. de París, todas primorosamente labradas y exornadas con florones, follajes y figuras fabulosas de animales, debidas estas obras, según cuentan las crónicas, al maestro parisién llamado Biscornet. En ellas, parece que el hierro perdiera su

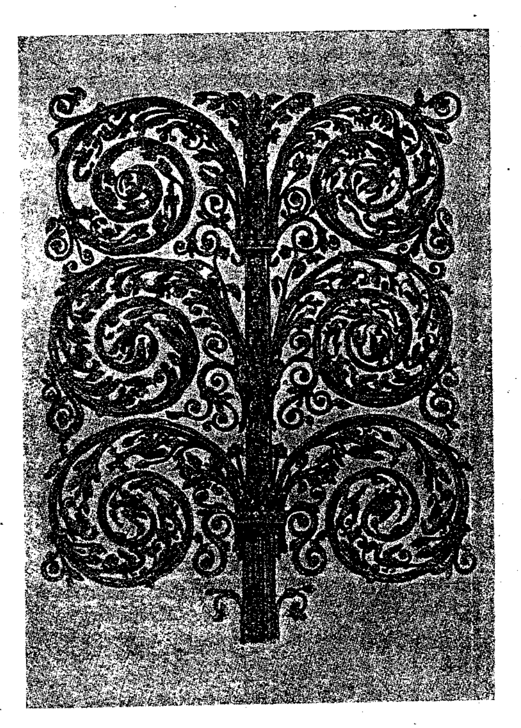


Figura G

dureza al pasar por las callosas manos del herrero, el cual, lo doblega á su antojo, haciéndole adquirir las formas que más le place, obedeciendo el metal, cual si fuese blanda cera, y modelando con él, formas cual lo haría con el plástico barro.

Así se obtenían esos artísticos trabajos de inestimable valor, fuente de estudio y manantial inagotable de elementos

para la cerrajería moderna. (Véase la fig. G que representa una bisagra de la puerta de Sta. Ana de la indicada iglesia de Ntra. Sra. de París.

Examinemos tan sólo un fragmento de semejantes bisagras, única y exclusivamente para indicar su formación. Sea la fig. 59, lám. 3.ª, en la cual X representa el alma ó pala de la bisagra, de la cual nacen varias ramificaciones A, B, C... etcétera, formando una suerte de ramillete. Se comprende ya desde luego, según el número y disposición de tanto vástago naciente, que se van ellos superponiendo en su arranque, aumentando con ello el grueso del hierro en H y obligando, por lo tanto, á reforzar la faja X, superponiéndole más hierro, aunque éste, para que no aparezca en un conjunto demasiado pesado, á la par que acuse mejor el nacimiento de los tallos superiores, se colocan en secciones cilíndricas adjuntas, acumulando con ello tallos más robustos, de donde derivan los superiores.

Mas, otras veces para obviar esta superposición, obtener más ligereza y lograr más economía, se construyen directamente estos tallos cilíndricos E, F, G (fig. 59′) representados aquí por su sección recta, y cuya longitud consta en la figura 59″. Se colocan adjuntos y se sueldan con las piezas extremas que vienen á ser abrazaderas I, K, que la terminan en su altura, cuidando de adornar dichas abrazaderas, con alguna línea de molduras que contribuyan á fortificar el hierro en dichos sitios, en donde se hace más necesario.

Ya ahora, esa faja formada de tallos cilíndricos construída, pasemos á hacernos cargo de la fig. 59. Procede desde luego á construir independientemente y aparte las piezas A, B y C, cuales se suponen construídas y sueltas en *a* (fig. 59‴), *b* (fig. 59$^{IV}$), *c* (fig. 59$^{V}$), en las cuales se ha tenido buen cuidado en dejarlas en su extremo inferior un prisma excedente de hierro *t*, éstos facilitan el enlace en soldaduras en las mencionadas piezas, insiguiendo la misma disposición que exige el dibujo de conjunto; y al efecto, se calientan estos prismas al rojo blanco, y se unen en seguida según aquella disposición, y la fuerte percusión del martillo que caerá sobre los tres prismas ó masas, se encargará de hacer la soldadura. Vuelta otra vez al fuego esta extremidad, compuesta de la correspondiente á las tres indicadas piezas, así como el extremo D del vástago principal, y caldeados al rojo blanco, se superpondrán, y golpeando con el martilleo, se efectuará su



soldadura. Se le superpone soldándola también la hoja J, junto con su tallo ó nervio, y luego superpuesto á esta última, unido también con soldadura la abrazadera K y la hoja L.

Adviértase que el hierro que forma la abrazadera, era antes una masa simplemente rectangular, esto es, antes de someterla al fuego; mas, muy luego, y aprovechando lo rojo de la calda, se le ha dado la forma perfilada de las verdaderas molduras, echando mano de una estampa ó matriz, y en esta disposición, es que se la ha podido unir el vástago principal por medio de la soldadura antes referida. En este estado, es cuando valiéndose del buril, ha podido el artista herrero ir perfeccionando los contornos, y perfilando claramente el borde de las molduras.

Hácese solamente aquí la indicación, que las piezas que llevan las hojas, que se van á soldar, se han de caldear al rojo blanco, mientras que la superficie MN, en la que se sobreponen aquéllas, la calda ha de ser solamente al rojo; así se logra que esta última parte tenga una consistencia bastante, para que no quede alterada por el martilleo sobre la cola de la hoja E, así como los golpes violentos dados sobre la abrazadera K, al repercutir en él el golpe del martillo sobre la estampa.

Para semejante operación, precisa que el herrero tenga una habilidad suma y gran conocimiento en calentar el hierro en el grado preciso que exige la soldadura. De ser demasiado caldeado, la materia se malograría, y no encontrando la estampa matriz apoyo suficiente al recibir la percusión se rompería. Por el contrario, de no ser suficiente caldeado, el golpeo se haría infructuoso y no se obtendría un buen moldeo, y entonces los vástagos ó juncos, habrían de volverse á trabajar, pues el hierro una vez ya golpeado, si se volviera al fuego y se le sometiera á una segunda percusión, no podría llenar el hueco de la matriz, dando solamente un resultado vago, indeciso, sin perfiles limpios ni detallados (1).

(1) Cada hoja de estas puertas está sostenida por tres grandes bisagras, que se desarrollan en su dibujo, como si fuesen tres árboles fantásticos.

Cada una está compuesta de una banda ó faja, que ocupa todo el ancho de la hoja, y de ella se desprenden una serie de ramajes, describiendo variadas y movedizas curvas, conservando siempre un conjunto simétrico; las ramas están cuajadas de flores, frutas y pájaros fantás-

**41. Grado de adelanto de los trabajos de hierro en España, en los siglos XIV y XV.**—A juzgar por las obras que podemos admirar todavía en los museos y Catedrales españolas y las ordenanzas gremiales que se conservan en los archivos; no cabe dudar, que España y especialmente Cataluña, es la que cuenta con más glorioso abolengo, y la que sin duda figuró por el gran desarrollo de la cerrajería y la pericia de sus maestros, á la cabeza de todos los Estados constitutivos en los tiempos medios.

---

ticos, extendiéndose por todo el campo del tablero, con riqueza y esplendor; y sobre el cual van clavados, asegurando de tal modo los tableros de la puerta, que así aprisionados vienen á formar una sola pieza. Verdaderamente, son los árboles del Paraíso que el artista ha representado en las puertas de la casa de Dios.

Concepción religiosa, belleza, maravillosa ejecución, todas las cualidades brillan en esta obra maestra, así es que, admirando esa portentosa creación el artista de nuestros días, y como poseído de singular encanto, se pregunta y desea saber, el genio que ha producido semejante trabajo, la mano que lo ha modelado, y hasta tener á la vista el martillo que ha golpeado el hierro, así como el yunque que ha contribuído á forjarlo. Pero en esas mismas consideraciones entrarían antes las gentes sencillas, y comprendiendo ante tal superior trabajo, su propia debilidad, así como la distancia inmensa que le separaba del autor, de semejante mágica creación, dióla en atribuir al demonio, ya que no podía explicarse claramente como tamaña maravilla, hubiera podido ser producto de la inteligencia y de la industria humana.

Tal ha sido siempre la tendencia de los espíritus primitivos é incultos y las consejas que en su ignorancia se han forjado para que tomara cuerpo la fantasía que acompaña á toda creación que por sus raros méritos está fuera del común de las gentes. Así unas veces, atribuye al diablo la construcción de la Saint Chapelle, otras el diablo disfrazado de fraile, dibuja formando surcos sobre el suelo arenoso, la célebre Catedral de Colonia, y eso delante del Arzobispo Engellberto de Berg, autor de semejante maravillosa construcción, aunque si bien construída por su sucesor Conrado d' Hochsteden, llamado el Salomón de su tiempo; los árabes, por no ser de menor condición en esas notas de efecto, quieren que las piedras de los monumentos de Palmira hayan sido labradas por los genios, siendo para ellos el Rey Salomón, un mago que tenía en su mano toda clase de encantamientos; así como del mismo modo los pobres é infelices crédulos del siglo XIII creían á pie juntillo, que Alberto el Grande disponía de todas las fuerzas del infierno.

Pues bien; en nuestro caso, el diablo Biscornet, al cual la leyenda atribuye el trabajo de las bisagras de las puertas de Ntra. Sra. de París, sería precísamente el mismo cerrajero que las construyera, aunque después elevado al rango de diablo, por modo y gracia de la admiración, á la par que pusilanimidad de la gente dada á semejante



*Entre los sujetos que en 1257 formaban el consejo municipal de la ciudad de Barcelona* (dice Capmany en su *Colección diplomática), se hallan inscritos los nombres de cuatro maestros herreros.*

En los libros de *Ordenanzas Consistoriales* de los años 1316 y 1319, cuéntanse otros gremiales de dicho oficio que ocupaban varias plazas en el Ayuntamiento, cuya representación, tuvo también el gremio en los siglos posteriores, en tanto que los cerrajeros de París, no constituyeron corporación hasta el año 1411.

Lisonjero debería ser el arte de esta industria en Cataluña y universalmente reconocida la pericia de sus herreros, pues aparte de que en una sola ciudad (Balaguer, *Historia de Cataluña)* existían en el siglo XIII veinte industrias distintas en las cuales se trabajaba el hierro; como era la fabri-

---

pacto. Veamos pues la leyenda: «A un oficial cerrajero se le encargó por su maestro, la construcción de las bisagras para las puertas de Nuestra Sra. de París, mas desfalleció su ánimo al ver que el trabajo era por demás desusado y complicado, y superior á sus fuerzas.

»Semejante convicción le sumió en el mayor abatimiento, desesperando de no poder realizar su trabajo, cuando en esta situación, aparece ante él un mensajero maléfico, que según la tradición se llamaba Biscornet, proponiendo al cerrajero el realizar su obra maestra, bajo el pacto de darle en compensación su alma. El artífice, agobiado en su impaciencia y desespero, acepta el pacto, no tardando en los yunques de las sombrías regiones, en repercutir golpes del martillo que descargaba el infernal trabajador, cuyo amor propio parecía haberse empeñado para que saliera á maravilla la portentosa obra.

»Así las bisagras de las puertas laterales llegaron á feliz término, mas no así las de la puerta central, á cuyo maligno espíritu no le fué nunca dable el que tuvieran su remate, quedando con ello sin colocar, y fué por las torturas que le hacía experimentar el frecuente paso del sacerdote que conducía las sagradas formas, para ir á suministrar el Viático á los pobres enfermos, cual accidente, le interrumpía continuamente en su faena; de suerte, que el maléfico pacto quedó beneficioso para el artífice, el cual habiendo ganado el pacto, quedó su alma salvada, y después, para las generaciones posteriores, que pudieron admirar semejante obra atribuída al diablo». Sin duda alguna que Biscornet sería el mismo artífice cerrajero que se le convertiría en diablo, lo propio como se hizo á muchos sabios y artistas, que se les atribuían relaciones íntimas con los genios maléficos ó ángeles caídos. Se observan entre los follajes y adornos, cabezas con dos cuernos ¿no sería posible que el artista hubiera escogido este especial medio de señalar su obra, como geroglífico de su nombre, como lo hizo en otra época un artista romano, que hizo esculpir dos sapos en las columnas del templo que construyera?

cación de armas blancas, cascos, corazas, lanzas, espadas, etcétera, á cuyo progreso contribuía la riqueza que en sus minas de hierro atesoraba el Rosellón. La circunstancia de haber llamado la ciudad de París á Blay Suñol, uno de los más hábiles artistas barceloneses, para la construcción de las admirables verjas de Ntra. Sra. de París, robustecen nuestras afirmaciones, pues no es lógico admitir que, arrostrando dificultades que esta clase de obras habían de ofrecer en aquellos tiempos, buscara el municipio de la ciudad del Sena en extranjero suelo lo que podía hallar en su propio país.

42. **Bisagras de la Abadía de Poissi.**—En el siglo XIV, la construcción de las bisagras ornamentadas varía algún tanto, sus formas generales quizá resultan hechas con más finura, los hierros son planos, y la composición y ejecución se conduce con procedimientos más sencillos de labra, cambiando el procedimiento de las soldaduras, por el batido del hierro, el cual se le modela con estampa y buriles y luego martillado en frío ó temperaturas relativamente poco elevadas y sobre todo sacando gran efecto del repujado.

Nos ofrece un ejemplo de esta clase de bisagra la procedente de la Abadía de Poissi (fig. 60), en A se presenta el hierro batido antes de proceder al desgaje de las ramas. Este hierro pues. tiene la forma dada por la mitad *a, b, c, d, e*. Bien batido al martillo, aplanado por igual, cortado con el buril, en el contorno de sus orillas, trazáronse sobre sus caras exteriores las líneas principales que indica el dibujo, entonces en esta disposición la parte sobrante suplementaria, *k l m*, se cortó desalojándola de la pieza general. Sometiendo al fuego la parte A*d*, se la puede desgajar en parte del núcleo central, tomándola nuevamente, hasta colocarse en la disposicion que indica la letra B; más volviendo al fuego, de la parte D, se ha podido desgajar á su vez los apéndices *l k e* hasta obtener las aberturas en los ángulos *g*. Las tres ramas que forman la hoja han sido luego perfiladas con buril y trabajadas al martillo, tal como manifiesta el sentido de las hojuelas *h*. Con esto el trabajo ha adelgazado algún tanto el hierro, al extenderlo, y se ha podido dar cima á esa parte sin volverla al fuego.

Los extremos de esas hojuelas, se hallan ligeramente encorvadas hacia dentro, esto es, presentando su convexidad hacia la vista del espectador, de modo que así, sus puntos



extremos se apoyan á la madera: si fuese lo opuesto, entonces las puntas de estas hojas malograrían el vestido de los viandantes que pasaran próximos á la puerta.

Igual procedimiento se siguió para las hojas E y F; en cuanto á la fijación de esta bisagra, en la puerta, se llevaba á cabo con los clavos, cuyos agujeros se dibujan en su lugar correspondiente y á más, con el ceñidor ó brida G que la retiene en su extremo ó nacimiento, con el montante de la puerta. En H (fig. 60') se representa el perfil de la bisagra, y en I (fig. 60") el corespondiente á la brida con una bifurcación extrema apropósito para ser fijada en la madera. Y adviértase, por lo que atañe al modo de fijar la bisagra, que algunas veces se prescindía por completo de los clavos ó pernos, prefiriendo emplear exclusivamente las bridas, abrazaderas ó ceñidores como en la expresada en la fig 61, cual sistema regularmente se escogía para cuando las medias hojas de la puerta estaban formadas de tableros, clavándolas sobre travesaños de madera. En M, (fig. 61') el perfil de la bisagra; L, (fig. 61") indica los ceñidores colocados en obra ya empotrados y sus extremos puntiagudos, ha de hacérseles girar hasta rebatirse cada uno por su lado, sobre el ras posterior de la traviesa P, cerrándola y dejándola bien aprisionada. En este caso las bridas O, tienen exactamente el mismo ancho de *p* en *s* que el de la pieza transversal.

43. **Repujado en las bisagras.**—Entrado ya el siglo XV se introduce el repujado en algunas piezas sueltas, que después se colocan para formar ornato del conjunto; en este nuevo sistema; se tiende en general á sobreponer á la faja lisa de la bisagra, todos los fragmentos de hierro que se hayan creído necesarios para la ornamentación una vez batidos para adquirir sus formas. Veamos someramente un ejemplo en la fig. 62.

La faja lisa de la bisagra, una vez forjada, está representada de perfil en A. Sean ahora *a* y *b* (fig. 62') dos planchas de hierro del espesor de dos milímetros, juntadas ó superpuestas, con arreglo á la forma que indique su dibujo en B; así dispuestas, se hacen solidarias entre sí, por medio de remaches, y luego así juntas colocadas y sobrepuestas en la faja citada A, la cual se la calienta al rojo para que pueda tener lugar la soldadura. Al mismo tiempo, para que disimule algún tanto esta superposición, se ocultan las líneas de junta arriba y abajo, sobreponiendo á su vez en

estos sitios, á todo lo largo de las piezas sobrepuestas, una tira larga de hierro en forma de filete ó junquillo *c*, *c*, para lo cual se las calienta al rojo blanco, para la correspondiente soldadura, cual se hace más solidaria con el golpeo que se le dará cuando se le impresione con la estampa, cuya misión es la de comunicarle el dibujo de torcido como imitando cordón.

La faja ó pata de la bisagra, se fijará sobre la madera de la puerta, por medio de los clavos que se alojarán en cada uno de los centros, de los hierros triangulares, mas para mejor efecto de estos clavos y quede más ocupado el espacio hueco triangular, empléase la hoja repujada expresada en *d* en la figura 62″. El gozne y quicio de la bisagra, junto con su pata, está representada en D (fig. 62‴).

44. **Bisagra de una puerta alemana del siglo XV.**—Ejemplos hay en el siglo XV, en que el dibujo que se desarrolla en torno de la banda de la bisagra, cubre casi por completo toda la puerta, sobre todo si cierra el hueco de la puerta una sola hoja (fig. 63). Las patas de la bisagra son aquí cortas y limitadas en forma trapecial, naciendo de ellas gran número de ramificaciones, vástagos sumamente delgados, en cuyos extremos, nacen preciosas y artísticas flores, cuales cabezas, se utilizan para las de los clavos que se encargan de hacer fijo semejante ornato á la propia puerta. La figura que se representa, es perteneciente á una puerta alemana del siglo XV, su dibujo es rico y elegante; el centro en que campea el aldabón, sumamente bordado de una labor finísima y delicada, lo propio que el herraje de la cerradura.

En el siglo XV, este sistema de superposición de hierros y planchas cortadas, formando figuras interiores y después combinadas, así como el trabajo usando el buril, adquieren gran desarrollo, tendiendo la afición de los artistas á tomar este rumbo en detrimento del sistema del batido en caliente, que va cayendo en desuso; así es, que mientras los útiles y medios mecánicos se perfeccionan, la habilidad del obrero va cediendo. Sin embargo, Mathurín, en su obra sobre construcción, nos dice que en los principios del siglo XVII los maestros cerrajeros conservaban aún las tradiciones del arte de la forja, dando este autor muchas noticias sobre las distintas clases de hierro, y el modo de trabajarlo en el fuego y en el yunque, todo lo cual indica, con sus reasumidas cuanto substanciosas observaciones y reglas, tener un completo conocimiento de la materia, en que se ocupa.



45. **Verjas durante la Edad Media.**—No fueron menos importantes los trabajos referentes á las verjas y rejas durante el período medioeval, haciendo también gala los maestros herreros, del mucho conocimiento que tenían del material que labraban, ostentando en él, curvas de todos géneros, entrelazos, hojas planas, encorvadas, repujadas ó primorosamente cinceladas, la flora en toda su exuberancia, puntas de lanza caprichosamente combinadas y hasta la quimérica fauna produciendo con todos esos elementos dibujos de bellísimo efecto, á la par que de dificilísima ejecución; no parecía sino que en aquellos tiempos, el hierro había de ceder cual suave y blando barro y modelar con él, las formas más raras y caprichosas, que al inteligente cerrajero plugüiera. Indudablemente los siglos XI y XII fueron aquellos en que se perfeccionó la cerrajería, alcanzando un gran adelanto al realizar los verdaderos prodigios que hizo, y cuenta, que estos eran tanto más de aprecio, en cuanto entonces no se tenía á mano los procedimientos de fabricación, que nos ofrecen nuestras industrias modernas; no había aún en aquellas fechas, nuestros potentes cilindros laminadores, que nos reducen casi instantáneamente un grueso hierro, calentado al fuego, en delgado hilo. El hierro se había de trabajar contando solamente con los brazos y la fuerza muscular del obrero, extendiendo el hierro en placas ó batido en barras.

Así es, que para obtener una larga barra de hierro de espesor igual ó uniforme, bien cuadrada y perfectamente recta, había de constituir una dificultad suma, de lo cual no es posible que nosotros, acostumbrados á que el comercio nos facilita toda clase de barras y de todos tamaños en longitud y grueso, nos podamos dar verdadera cuenta, de las dificultades poco menos que insuperables que había de experimentar el hábil cerrajero para llegar á obtenerla.

De aquí se comprenderá, que se tratase de evitar, ó cuando menos disminuir, tamañas dificultades, procurando que las barras de hierro que habían de entrar á formar parte de un determinado conjunto, no tuvieran mucha longitud, empleando tan sólo piezas de reducidas dimensiones y enlazándolas luego por medio de cortes, abrazaderas, soldaduras, pasadores, remaches, etc., etc.; y con ello tendremos la explicación del modo de ser de las primitivas verjas, las cuales están

compuestas solamente, y en todo lo que sea posible, de pequeñas piezas aunque forjadas. En general están montadas dentro de un bastidor de hierro A B (fig. 64) que las aprisiona, mientras que el espacio que cierra este bastidor se halla subdividido en otros más reducidos, también de forma rectangular por medio de montantes ó hierros verticales *c*. Ahora todo estriba en ocupar dicho espacio secundario, hechando mano de hierros cuadradillos de sección, á los cuales se les tortura, obligándoles á tomar las varias curvaturas que conciba la imaginación del artista, haciéndolas fuertes ó fijándolas á los montantes por medio de abrazaderas ó ceñidores *d*.

Sin embargo, es necesario advertir, que para facilitar la colocación del detalle de semejantes hierros curvilíneos, subdividían la altura de cada compartimento, en un cierto número de partes iguales, haciendo que cada una de ellas estuviera reservada á una de las series iguales de combinaciones de hierros, que montados aparte en su conjunto se colocaban después, cual si fuera un solo tablero, en el espacio correspondiente.

46. **Verja de la Catedral de Puy en Velay.**—En nuestro caso la verja fig. 64' de la Catedral de Puy en Velay, una de las más antiguas en su género, puesto que pertenece al siglo XII; cada compartimento está dividido por otros como iguales, y por lo tanto existiran cinco juegos de curvas de ornato iguales á la *m n*, y que debidamente colocados uno en pos de otro, llenaran todo el espacio comprendido entre dos de los montantes; de estos últimos espacios hay cuatro en esta reja, la cual se compone de una sola hoja y gira toda ella en torno del gozne.

Varias abrazaderas se encargan de sujetar cada una de las cinco piezas así aparejadas; con los montantes intermedios, así como los relativos al marco que encuadra la abertura; estas abrazaderas están remachadas en caliente, á diferencia de las que atan las distintas curvas de una misma pieza, que están colocadas con verdaderas soldaduras.

Así dispuesto el trabajo, se infiere que la colocación es sumamente expedita, pues formando aparte cada una de las partes de que consta el conjunto, aquellas son fácilmente manejables en su labor, una vez concluídas todas, su colocación en obra resulta sumamente cómoda á la par que rápida.

Se comprende ahora, que la forja de tantos cuadradillos



curvilíneos (7×15 milímetros), trabajados pacientemente á fuerza de brazos, ha de salir algún tanto deficiente, nunca puede obtenerse la regularidad como lo exigiría la índole geométrica de las líneas; ahora, en este estado, los herreros disimulaban algún tanto dichas imperfecciones, bordando las caras vistas de las curvas, con una serie de puntos formados á golpe de buril, cuales distraen por completo la atención del observador, al paso que aligeran la masa, y le comunican un aspecto fino y elegante.

47. **Reja catalana del siglo XIV.**—Tenían tal conocimiento del hierro, que al emplearlo no lo hacían al arbitrio en su disposición, sino que ésta la hacían depender de la mayor ó menor resistencia del material, según del modo se le trate, así los hierros, especialmente en las verjas, ó se colocaban de modo que su canto coincidiera con el paramento visto, como en la figura 65 ó bien en disposición tal, que en dicho paramento apareciera su anchura como en la fig. 66; el primer caso, lo adoptaban para cuando tenían necesidad, de que se acusara más solidez y formas más gruesas y robustas, y el segundo, al contrario, cuando se proponían dar más ligereza á su concepción, y esto por sí mismo indica que estaban bien poseídos de los efectos perspectivos, toda vez que si fijamos nuestra atención en estos mismos dos dibujos vistos en proyecciones, aparecerá precisamente lo contrario que acabamos de indicar, mas vistos estos mismos objetos en el espacio; como en él, el observador los ve en escorzo ó vista oblicua, y así en el primer caso la parte más ancha se desarrollará dominando mayor extensión que la dimensión frontal; y como quiera que la primera estará en el sentido del grueso de la verja, de aquí que forzosamente se podrá descubrir mayor masa, esto es, más robustez; pues al contrario sucederá y por oposición en el segundo ejemplo.

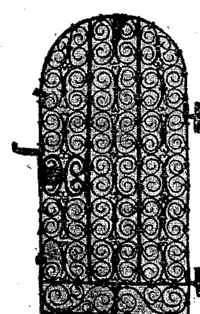


Fig. H.

De análogas disposiciones de la verja que hemos descrito poco há, es la de la fig. H concerniente á una reja catalana del siglo XIV.

48. **Verja del siglo XII.**—Aparecen ya, á últimos del siglo XII, las verjas algún tanto ornamentadas, los antes en-

cintados de hierro arrollados en caprichosas espirales y que estaban presentados con su sola y única silueta natural de su contorno, ahora, se complican un poco, añadiéndoles unos como rosetones formado con estampa ó broquel, que ya llenan el ojo de la espiral, ya nacen en la bifurcación de dos de estas espirales y todo ello de tal modo conducido en su ornato, que se observa ahora, que cada compartimento que media entre dos barrotes montantes, está formado en general de un solo ornato ó dibujo de conjunto, y así construído este, aparte, puede ya concluído colocarse en su sitio entre dos montantes, (1) y cual se haría con un cuadro pendiente de un muro.

El trabajo aparece pues en mayor escala, el dibujo puede extenderse en mayor campo, dando lugar á combinaciones más complicadas, aunque dominando en el trazado, las espirales y lazos curvilíneos.

El problema se va complicando, muy en breve por exigirlo así, las circunstancias y necesidades que se suceden, y en efecto, los edificios tanto públicos como privados, se construyen cada vez mayores y presidiendo en ellos más esplendidez; las capillas, los monumentos, reliquias (tan en boga en aquellos tiempos); las ricas entradas señoriales... etc., necesitan verjas á la par que ricas, que ofrezcan las debidas garantías de seguridad, que pongan á cubierto tanta riqueza de un imprudente y osado golpe de mano; así es que, estos mismos precedentes hicieron que, exigiéndose más del genio del herrero ó cerrajero, éste perfeccionara también más su trabajo, habiendo llegado á un grado de adelanto en el siglo XII, hasta causar maravilla los sorprendentes trabajos que aun hoy día nos es dable admirar.

Las verjas se hicieron más tupidas en sus adornos, extendiéndose éstos hasta á los mismos montantes, á los cuales se superponen muchas veces curvas, hojas, cintas y espirales, introduciendo para la mejor trabazón montantes secundarios, interpuestos entre los principales.

El modelado de los objetos de detalle se perfecciona, ya acudiendo al estampado de las hojas y floreo que se introduce, al objeto de reforzar los sitios que se creen ser más vulnerables, véase la fig. I, en ese género de ornato, éste no más se coloca hacia la parte anterior del hierro, quedando la opuesta lisa y llana.

(1) Este sistema presenta, á la par que solidez, gran ligereza y comodidad, pues pueden estos bastidores montarse fácilmente siendo sueltos; colocarse, quitarse de su sitio si conviene por alguna reparación, tanto si son ó no complicados, ricos ó sencillos en su labor.



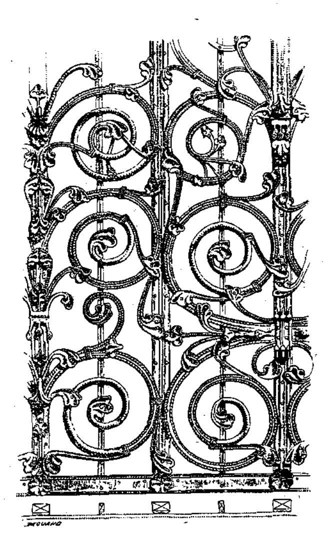


Figura I

49. **Verja del siglo XIII.** —En semejante período, se impone que las verjas terminen hacia la parte superior, de modo que impidiese todo asalto y escalo, pues las principales son guardadoras de objetos de valía y de ahí aparezca en la ornamentación, esos caprichosos remates que juegan perfectamente con el resto del trabajo férreo.

La fig. J nos ofrece un ejemplo de verja típica en su clase, y pertenece al santuario de Conques (Francia) y data del siglo XIII.

Toda ella tupida, ocupada por juegos de curvas espirales aunque variadas y no repetidas en un mismo bastidor, conforme se hacía en épocas anteriores; ceñidores y abrazaderas, unas soldadas y otras fijas en remaches, hacen bien solidarios tantos entrelazos, que constituyen tan bello conjunto. Los montantes terminados aquí, con agudas puntas, que cada una es la reunión de varias ramas ó tallos que se desarrollan extendiéndose en forma cóncava, formando como una suerte de sombrerete chino ó apuntado que descansa en cada punta de los montantes, tanto principales como secundarios, aunque en estos últimos, es de menores dimensiones; de todos modos, ellos son tales, que casi ocupan por completo el espacio intermontante, de modo que eso, y las aguzadas puntas superiores é inferiores, ofrecen dificultades insuperables para vencer dichos obstáculos, y pasan de una á otra parte. Sin embargo, aun se aumentan más en esta verja, si prestamos atención á los apéndices salientes, fijados por medio de abrazaderas en la parte superior de los montantes, terminados con verdaderas puntas de lanza en extremo afiladas,

bifurcándose en ellas otras puntas ladeadas á derecha é izquierda para dificultar más el acceso; todo este trabajo está primorosamente forjado y entendido, y es tal el simbolismo que se quiso comunicarle al colocarlo en semejante sitio (y al desprenderse en sus curvaturas del paramento general de la verja, para que no pugne así en esta disposición con la uniformidad del dibujo) que se les terminó en la curva superior con cabezas de dragón cuya cola viene acusada por dichas puntas aguzadas, apreciando así ese curioso detalle, como figurando fieles cancerberos para herir pronto y con saña á los atrevidos que osar quisieran escalar la verja y así hacer presa en ellos.

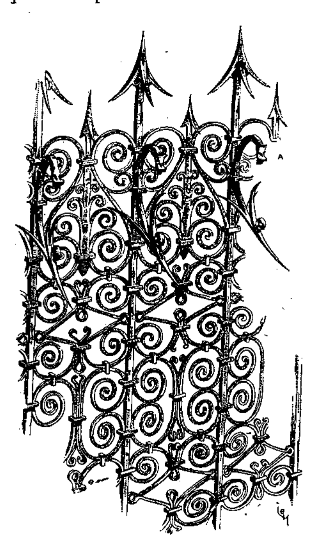


Figura J

50. **Verjas en el siglo XIV.**—Al entrar el siglo XIV, parece iniciarse en general, un cambio en el sistema de construcción de verjas; en efecto, se nota la tendencia de abandonar el sistema de bastidores independientes, sustituyéndolos por piezas sueltas, en general todas iguales y colocadas entre los montantes. Las hojas y flores que antes salían por la estampa matriz, ahora se construyen en planchas batidas, recortadas y modeladas; estas hojas y flores que dan remate á las ramas de curvas de los hierros, se obtienen (figs. 67, 67′, 67″, lám. 4.ª) formando parte del hierro de las propias curvas, y al efecto, se deja en la bifurcación de dichas ramas, una masa de hierro á propósito, para que calentada al rojo y batida con el martillo, vaya abatiéndose, extendiéndose y aplanándose hasta á adquirir el grueso de la plancha, en la cual se modela recortando la hoja, flor ú ornato que se quiera.

Los montantes en ese período, parece que hay empeño que adquieran mayor importancia, pues se les suele revestir, tanto al exterior como hacia la parte posterior, de láminas del mismo metal, grabadas y retorneadas con el buril; además estos montantes vienen más reforzados que en las épocas anteriores, pues hacia la parte inferior está rematada con el travesaño bajo, mientras que en la parte superior, al pasar por el ojo correspondiente del travesaño alto, éste viene reforzado con más grueso de hierro tanto por delante como hacia atrás.



También se nota un cambio en la fijación de las piezas, pues así como en las verjas del siglo XIII, había tendencias á emplear ceñidores y abrazaderas para fijar las ramas de las curvas con los montantes; ahora se echa mano de remaches roblonados á puro golpe de martillo.

51. **Verjas en el siglo XV.**—Aparece el siglo XV, y en él se nota una tendencia encaminada á sobreponer en los pilares ó montantes, grandes curvas en forma de talones, á estilo de los arcos conopiales con que se cerraban los vanos (figs. 68, 68′ y 68″); véase esta verja perteneciente á la Catedral de Puí en Velay, con ello se llenan más espacios entre los pilares y hacen fijos á éstos unificándolos cual si fuese una verdadera atadura; bien es verdad, que los montantes en este período, se colocan más aproximados entre sí; no media aquel espacio anterior, que permite ocuparlo por medio del estudiado ornato.

Estas curvas cuando se extienden á toda la mitad de la verja, van soldadas por una parte con el contrafuerte ó sobre el pilar del montante extremo, y de otra hacia la parte culminante, va remachada sobre el pilar central, que aquí en este caso particular viene afectando, columna de fuste en torsión, formando envolventes helizoidales.

Los florones D son de palastro y soldados á las curvas. El Trifolio tiende á desarrollarse en superficies planas y está trabajado y batido por medio del forjado.

52. **Verja de la Catedral de Barcelona.**—Es característico también de esta época, ornamentar el espacio superior entre montantes, con una serie de arcuaciones trilovadas y apuntadas, construídas por medio de planchas, cuales se hacen fijas enlazándose con ramas laterales abiertas en las cabezas de los montantes, y así dan lugar á un razonado y entendido ornato de muy buen efecto, pues quita la monotonía de la línea recta superior, á la par que coadyuva al enlace mutuo de las cabezas de los pilares. (Véase la figura anterior y la fig. K que representa esta última, un detalle de una verja del siglo XV del claustro de la Catedral de Barcelona.

53 Modificaciones de las verjas del siglo xv.—También suelen ser de plancha las coronaciones más superiores, como en la fig. 68, ó bien de hierros cuadradrillos perfilados como en la figura 67.

Las bases y capiteles de los montantes, son tratados exclusivamente como la mayor parte de los perfiles, con el auxilio del batido.

Figura K

Ya hemos dicho que en ese período, los montantes se encuentran ya muy próximos, formando por sí solos y juntos con los traveseros altos el enverjado, lo demás es complementario; ahora bien, su forma es varia, unas veces son cilíndricos como en la fig. K, otras son prismáticos y vistos de frente, y otras, si bien también prismáticos, colocados, empero, diagonalmente, esto es, de modo que las diagonales de su sección, venga la una de frente y la otra perpendicular al paramento, conforme es de ver en la figura 68. Esta última disposición no parece ser arbitraria, ni que obedezca al capricho, sino producida por la utilidad que reporta, al querer sobreponer en estos barrotes las curvas de ornato, pues entonces, estas agarran mejor al soldarlas á los mismos ángulos del barrote, cuales obligan á abrir pequeñas entalladuras inclinadas en sus caras, sobre las bandas de los hierros sobrepuestos: así no hay lugar á echar mano de incómodas abrazaderas y enojosos remaches, y sale el trabajo más limpio y delicado.

En la verja fig. H, el arco conopial no está prendido con la verja como en el caso anterior, pero esto es á causa que hace función de verdadero arco, esto es, terminando la parte superior de la abertura, que da acceso al recinto que cierra la verja. Aquí, el arco es móvil y obedece al giro, mientras que en la fig. 68 el arco es durmiente y hace oficio como de abrazadera férrea de los pilares.

También es característico del siglo xv, el que sobresalgan dos montantes sobre el travesaño superior de la verja, y si bien esta práctica se había ya iniciado en los siglos anteriores, sin embargo, en esto adquiere mayor desarrollo, tomando patente de generalidad; así ofrece motivo al artista para terminarlo con remates caprichosos; y á los maestros herreros, ocasiones para demostrar su pericia en el trabajo, realizando verdaderos portentos de batido y modelado.



Así, en algunos ejemplares, aparecen floridos sus extremos, combinando las flores con preciosas hojas apenachadas, que se extienden por igual en torno del vástago, y doblegadas, cayendo en su curvatura hacia el exterior, afectando la forma del lirio abierto y desarrollado y naciendo uno en pos de otro (fig. K), resaltando entre ellos la variante que termina el pilar central, el que quizás para hacer resaltar más el dibujo y evitar la monotonía de tantas repeticiones, se le corona con joya de más valía, figurando una verdadera maceta de donde nacen (cascall) las hojas, ramas y flores las más caprichosas, finas y variadas.

54. Verja del coro de San Saturnino, de Tolosa.—La verja (fig. 71) del coro de la iglesia de San Saturnino, de Tolosa, obedece también á este género, si bien aquí los pilares están situados en arista, pero dan también idea de los adelantos prácticos del batido y soldaduras, labor que necesita mucha pericia y destreza para que en la ejecución, la forma y picado de los vegetales sea fiel trasunto del carácter y ornamentación empleada en el resto del edificio.

Otras veces son las hojas cardosas las que se escogen (figura 69) erizadas por doquier de agudas espinas, ladeadas y codeando al montante, ofreciendo así obstáculo insuperable al allanamiento de la parte cercada. Cuando esta clase de verja iba destinada á reja de ventana, también se solían terminar por agudas puntas sus partes inferiores, como es de notar en la propia figura; en este caso, los barrotes están dispuestos en arista ó diagonalmente, y se comprende semejante situación, pues entonces las peras aguzadas hieren más de lleno al que intente toda fechoría.

55. Verja del coro de la catedral de Tolosa.—En algunas ocasiones la disposición de la verja es tal, que se quiere utilizar en un vano terminado superiormente por un arco compuesto; como por ejemplo, en un arco trebolado, y en este caso no pueden prolongarse, los montantes por igual, dándole á cada uno un tema de remate, cuya altura corresponda á la que tenga el arco en el montante considerado (figura 70) coro de la Catedral de Tolosa; y los montantes vienen terminados por sencillas flores de lis, ultimando con cabeza de grifos, y como quiera que la parte central ó eje

del vano es el sitio en que la abertura alcanza mayor altura, por eso el montante central se levanta á mayor altura y más desarrollado que los demás, si bien ocupa todo el hueco superior del arco ojival trebolado, acomodándose la altura de los montantes, y sus remates, á las que corresponden en aquellos sitios á los huecos trebolados.

56. **Rejas en los castillos feudales.**—En los castillos feudales y casas señoriales, aparecen rejas voladas, con relación al paramento de fachada (fig. 74) en general son sencillas, compuestas de simples barrotes largueros y travesaños, reforzados estos últimos en los cruces, terminados los montantes con agudas puntas en la parte inferior y acodados en la superior, fijándose á la pared con auxilio del mencionado recodo. Los traveseros van también fijados en el paramento por medio de ramales unidos en ángulo recto á lo largo de los montantes extremos, estos trabajos aunque sencillos resultan bien razonados y enlazados por el herrero.

El forjado en la parte inferior de los montantes, es muy delicado, y para que aparezcan bien afilados sus extremos, precisa una destreza suma en el obrero, al ir golpeando y quitando masa, aprovechando precisamente la calda que se preste á ello, y eso con regularidad en torno de la barra, sin que aparezcan en ella trozo piramidal, abolladuras y contracciones, que son tan fáciles de aparecer con semejantes operaciones, sino preside en ellas un conocimiento cabal de la materia por el herrero, quien, para hacerlo, ha de estar avezado con tamañas prácticas, sin malograr el hierro; lo propio sucede al acodar las montantes en su parte superior.

El requisito de adelgazar los hierros montantes en sus extremos fué muy puesto en práctica en el siglo XV, sobre todo por la especialidad de ser muy frecuente el colocar dichos montantes en obra, regulando sus frentes por sus aristas, no por sus planos ó caras, y en efecto se colocan ahora hierros ó curvas de ornato entre los pilares, éstas no podrán hacerse solidarias con las aristas, así es que achaflanando las laterales (adelgazando con ello el pilar), ello dará pie á la formación de un plano (figs. 72 y 72'), y en él podrá ahora remacharse con toda seguridad el delgado hierro curvílineo.

57. **Célebre reja de una casa de la ciudad de Costanza.**—Mas volviendo á las grandes medidas de precaución que en aquella época se tomaban para que las verjas y rejas



tuvieran todas las seguridades imaginables, y poner el edificio á seguro, de un golpe de mano que tendiera al allanamiento de morada, diremos que no solamente se limitaban á terminarlas con puntas y hojas aguzadas extendidas por doquier, sino que en muchísimas ocasiones, hasta practicaban medios y forzaban su ingenio, para que ni los montantes ni los travesaños, les fuera dable salirse por su ojo, estudiando tales combinaciones, que verdaderamente ponían á prueba la pericia del artífice. Así, examínese la fig. 73, que representa una reja de un edificio particular de la ciudad de Costanza, y se verá que los hierros travesaños están enlazados de tal modo con los montantes, que resulta materialmente imposible hacer deslizar estos últimos por las cajas ú ojos de los travesaños, y viceversa, pues estas cajas, como se ve, se hallan dispuestas alternativamente en unos y otros. La importancia de dicha labor no será nunca lo bastante ponderada por la mucha habilidad, conocimiento del arte del herrero y lo pacientísimo é incomodidades que exige trabajo de índole semejante. En efecto, analicemos todos estos obstáculos que parecen insuperables y como obedeciendo á una suerte de enigma, y así tener una idea de lo que haría el cerrajero en dicha construcción.

Al objeto de ordenar y seguir mejor las distintas operaciones que hay que practicar, numeraremos con distinto número cada una de las agrupaciones de las piezas que entran en semejante composición.

En este supuesto, pueden alcanzar hasta el número de nueve, la serie de operaciones que el herrero haría para obtener semejante trabajo, y son las siguientes:

*Primera.* Se preparan los hierros que constituyen los montantes núm. 1, trabajando en ellos á las distancias que el dibujo exija, los ojos ó agujeros *a*, *a*, etc., y próximos á ellos por una y otra parte del montante, las torsiones que en el dibujo se descubren, teniendo por objeto estas torsiones, pasar en esas inmediaciones dicho montante de la forma plana á la de arista; esto es, aparece este montante alternativamente en la cara de paramento, visto de frente ó de cara plana, ó visto por arista ó en diagonal. (Los ojos *a* están así simplemente preparados).

*Segunda.* Trabájanse en seguida los travesaños núm. 4, forjándolos y como los anteriores, en ellos dispuestos los ojos ó agujeros *b*, *b*, etc., junto con sus torceduras á derecha é

izquierda de dicho orificio, pasando también el travesaño en virtud de dicha torsión, de la vista en cara plana, á la vista diagonal ó de arista. (Del mismo modo estos agujeros quedan no más preparados)

*Tercero.* Constrúyanse luego los hierros circulares número 5, forjándoles y acompañados de los ojos ú orificios 2, 2, 2, etc.

*Cuarto.* Fórjense igualmente los barrotes de núm. 3, pero por medio de secciones ó piezas sueltas, cada una de ellas de trecho indicado por las distancias *d-d*, y en ellos dispónganse los ojales como en los casos anteriores, y esto hecho hágase pasar el montante ó montantes núm. 1 por los ojos abiertos en las piezas núms. 5 y 3 alternativamente.

*Quinto.* En esta disposición es cuando se procede á concluir y ensanchar los ojos *a*, *a*, *a*, etc., al objeto de que dichos ojales tengan la forma de cuadrado ó rectángulo, según sea la sección recta del barrote que por ellos pase.

*Sexto.* Ahora procede hacer pasar por dichos agujeros así como por los de los hierros circulares de núm 5, los barrotes de núm 4.

*Séptimo.* Ensánchense los ojales *b*, *b*, *b*, etc. de los travesaños núm. 4 haciendo entrar en ellos los montantes de número 6 que previamente se habían forjado, abriendo en ellos los ojales correspondientes *c*, *c*, *c*, etc., en los cuales no estará cerrado el anillo, pues se dejará abierto por la parte posterior. Obsérvese, sin embargo, que con semejante operación habían quedado sin aloje en dichos *c*, *c*, *c*, los travesaños de núm. 3 en sus diversos trechos.

*Octavo.* Efectúense ahora las torsiones en las piezas de número 3, precisamente en los puntos indicados con las letras *d*, *d*, *d*, etc., y así poderlos pasar por ojo en los orificios de las piezas de núm. 6, orificios que previamente se habrán ensanchado, dándole el mismo contorno poligonal de la sección recta del hierro 6 cerrándolos ahora posteriormente por medio de caldas.

*Noveno.* La operación de que es objeto este último trabajo, es quizá la más dificultosa de todas las ya expuestas, y es que la reja está ya casi montada en su armazón, faltando solamente sujetar á ellas los distintos trechos de los travesaños núm. 3 que forman parte de la misma; y para ello la serie de operaciones que es necesario efectuar han de tener efecto manejando la totalidad del armazón que constituye la reja; sin embargo, para facilitar el apoyo y movimiento de este armazón, se le puede prender colgado de una fuerte cuerda, y así girarlo colocándolo en la posición que el operario crea más conveniente. Estos trechos *d-d*, *d-d*, etc., se unirán ahora empalmándolos en los puntos *d*, *d*, *d*, etc., por medio de varias caldas, auxiliando á estas, pequeños pasadores ó falsas espigas roblonadas, que interesen lo interno de los dos trechos adjuntos, del travesaño núm. 3.



**58. Cambio que sufre el trabajo de las verjas y rejas en el siglo XVI.**—Ya llegado el siglo XVI, experimentan un cambio todos los trabajos que del arte dependen, en virtud de los nuevos rumbos que tomó la sociedad, reaccionando sus aficiones hacia lo antiguo, apareciendo según es sabido el período de la restauración de las obras clásicas, apareciendo así el estilo llamado del Renacimiento, el cual tuvo como todo lo terreno su época bella y floreciente, y otra de decaimiento y bastante mala á fuer de los muchos dislates y exageraciones á que se entregaron los artistas, ávidos de una exagerada originalidad, con lo abigarrado, desproporcionado y feo de su dibujo.

Claro es, pues, que el arte de trabajar el hierro, había de seguir la corriente general, amoldándose respectivamente á los caprichos de las nuevas aficiones, caracterizándose de una manera especial en nuestra España, con el sello impreso á las obras arquitectónicas bajo la influencia de los trabajos de platería y orfebrería, siendo ello causa bastante, para que se designara el nuevo estilo bajo el nombre de *Plateresco*.

Y es, que, en aquella sazón, el arte del Platero, había tomado un gran impulso y desarrollo, con motivo de las grandes remesas que de los argentíferos y auríferos metales, llegaban sin cesar del nuevo mundo, descubierto poco hacía: los trabajos de dicho arte industrial, imperaban sobre todos los demás, llegando hasta á constituir importancia tal, que eran como objeto de moda, como diríamos hoy día; tendiendo á imitar su factura y sus formas, las demás artes del dibubujo; no se eximió pues, de esas aficiones, la Arquitectura y con ella la Cerrajería.

Preciso es confesar, por otra parte, que los artistas españoles dedicados á la labor de los metales preciosos, habían alcanzado una rara habilidad y exquisito gusto, en la creación de sus obras, verdaderos modelos de arte en su género,

que causara la admiración de propios y extraños, y esas maravillas hechas con el buril, así como esos portentos ya horadando, ya repujando aquellos nobles metales, se reprodujeron muy en breve aplicándolo á todos los trabajos de hierro y acudiendo á análogos procedimientos, resultando con ello hasta cierto punto, las obras de hierro más acabadas ó atildadas, finas, y perdiendo, si así puede decirse, algo en su

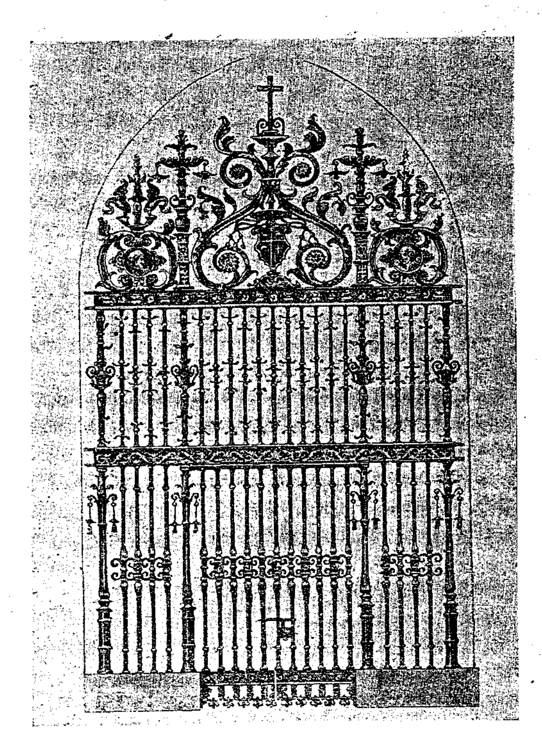


Figura L

aspecto aparente de esa característica del metal férreo, que da idea de lo fuerte y robusto, cuando con sus dimensiones y su pesada forma, viene acompañado de las rugosidades producidas en lo candente de la materia.

59. **Reja de la Catedral de Burgos.**—Uno de los ejemplos que pueden presentarse más notables para evidenciar el



nuevo rumbo que tomó el trabajo del herrero y cerrajero con las nuevas aficiones difundidas en nuestra patria; es la verja que representa la fig. L y es perteneciente á la capilla llamada de la Presentación, en la Catedral de Burgos. Examínense los detalles de la misma, los cuales no dejan ninguna duda de la procedencia de las formas. Las curvas y todo el ornato superior que ocupa por completo el remate ojival del vano, los jarrones con sus ansas, colocados á la mitad de los cuatro montantes principales, lo panzudo de los otros montantes secundarios que pertenecen á la parte baja ó primer cuerpo de la verja, todo el ornato de las fajas ¿qué otra cosa son, sino verdaderas reminiscencias de los gustos y aficiones desplegadas por los artistas plateros, en sus trabajos de oro y plata?

No hay duda que llevadas así las cosas, el trabajo de forja resultaba sumamente laborioso, sobre todo en la parte de ornato de las líneas curvas, al representar los vástagos nacientes de los capullos, enlazándose en ellos hojas de difícil ejecución, amén de los muchos florones y modelado de figuras combinadas en los centros de la composición, ó terminando en los centros de las volutas.

A no haber llegado la cerrajería en el estado de adelanto que le legaran los períodos anteriores, semejantes dificultades hubieran sido insuperables para el forjador.

60. **Reja salmantina.**—De esta época, y como muy notables, pueden citarse dos elegantes y preciosas rejas, que se ostentan en el piso bajo de la tan celebrada casa de las *Conchas* en la ciudad de Salamanca. Una de ellas está representada en la fig. M y se compone como es de ver, de tres cuerpos cilíndricos y cada uno de ellos formados por barrotes verticales, los que unos son lisos y otros torcidos en forma de hélice, y alternando adjunto á otro de cada clase, y todos ellos reforzados con cuatro bellísimos y bien trabajados aros que los aprisionan.

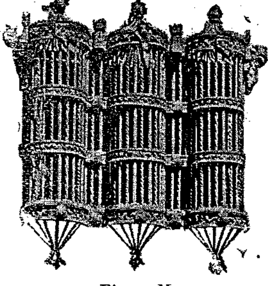


Figura M

Este tan bello cuanto inspirado conjunto, termina hacia su parte superior, por tres caperuzas cónicas, cuyas, en su forma y ornato se avienen perfectamente con los cuerpos cilíndricos prin-

cipales, máxime, cuando estos cilindros terminan hacia su parte inferior, con tres conos rectos y sumamente sencillos, toda vez que lo forman simplemente unos pocos hierros concurrentes cada uno de ellos á su respectivo vértice, y como formando las generatrices de estos conos. Destácanse en la parte superior de esa interesante verja, tres escudos señoriales, cuales indican junto con las torrecillas intermedias, los blasones y timbres de nobleza de la familia de los Maldonados, señores de Barbalos y propietarios de la casa que constituye este palacio Salmantino (1). También están combinadas entre los cuerpos de esta reja, pechinas perfectamente cinceladas, como reproduciendo las que se ostentan en las trece líneas que corren paralelas á lo largo de la fachada, motivo que dió origen, á la denominación que recibiera el edificio de Casa de las Conchas.

La disposición de semejante reja, es á propósito para proteger la ventana, constituyendo una como jaula, dentro la cual, viene encerrada y defendida la abertura, mas llevada su composición de modo que sirva de verdadero ornato á la fachada de donde sobresale. El trabajo de cada uno de los detalles, es fino y delicado; labor atildada en sus enlaces, dando perfectamente una idea del estado de adelanto de las producciones artístico industriales, dentro de la especialidad en el ramo de cerrajería, estilo gótico-plateresco y en donde se pone en relieve la habilidad y pericia de los maestros cerrajeros castellanos. Según se desprende, esta fábrica la levantaron los Maldonados, allá por el año de 1512.

**61. Distintos sistemas de trabajar el hierro en la época de transición de los estilos gótico y de renacimiento.**—Adviértese, y por cierto es muy de notar, que á las postrimerías del estilo gótico y hácia los albores del renacimiento, aparecen dos escuelas distintas ó tendencias especiales, en el modo de tratar los trabajos de hierro, y esto muy particularmente en España; pues mientras que en Cataluña y Navarra, es el martillo, el que juega el papel más importante al objeto de dar forma al material, aguardando

(1) Miembro de esta familia, lo era el tan renombrado don Pedro Maldonado de Pimentel, compañero de Bravo y Padilla, mártires por su amor á las libertades castellanas; fueron los tres el alma de la guerra llamada de las comunidades, la cual, no siéndoles favorable, les condujo á morir bajo la cuchilla del verdugo.



que éste, adquiera la maleabilidad que le comunica el fuego de la fragua, y así descargando golpes certeros é intencionados á la masa candente, ésta, va adquiriendo la forma, modelándola si se quiere de una manera tosca, sí, pero franca y espontánea, gracias á los artísticos martillazos estampados en sus caras, por el intencionado é inteligente forjador (1); en cambio en el resto de las provincias españolas como en Castilla, Andalucía, etc., se tratan los trabajos del hierro, como si se quisiera modificar la naturaleza *dura* del material, apareciendo á la vista del observador, rasgos de finura y ductilidad, al expresar formas y detalles delicadísimos, al ostentar los cincelados, repujados, calados, con dibujos caprichosos, propios del bronce, plata y oro, y demás metales de uso común en las obras de orfebrería.

De estos dos sistemas de trabajo, se observa luego que se asimilan al primero ó sea referente á los hierros catalanes y navarros, los producidos en Flándes, Inglaterra y Alemania, debido sin duda alguna á la afinidad de procedimientos industriales y de otra á la influencia general, ejercida por los grandes artistas flamencos, no solamente en las Bellas Artes de Inglaterra, Alemania y Cataluña, sino que también en todas las artes suntuarias de estos países. Contribuyó del mismo modo á esa semejanza, el que las fraguas de esos países, eran congéneres á la fragua catalana, ya que ella tuvo su debida representación en ellos, ya fuera por la creciente explotación que en ellos se hizo de la hulla, ya también por la necesidad que tenían de grandes producciones, para atender al suministro del material férreo, en las contínuas é incesantes guerras que aquellos países habían de sostener.

Más de otra parte, en Francia é Italia, los trabajos de hierro, seguían la misma senda que las prácticas llevadas á cabo en Castilla y Andalucía y otras provincias españolas, y así se trabajaban obras más atildadas en sus detalles, finas y delicadas, usando la cinceladura y el repujado, insiguiendo las huellas de la influencia de la orfebrería

**62. Verjas en el siglo XVII.**—Durante el siglo XVII y

(1) Como en las rejas, puertas y verjas de la Catedral de Barcelona así como también en la espléndida y célebre reja de la Catedral de Pamplona, en cuyo trabajo se destaca, entre sus ricos y maravillosos detalles decorativos, las estatuas de hierro modeladas á martillazo limpio.

dentro el característico período de los reinados de Enrique IV y Luis XII (fig. N), fué práctica general, componer las rejas y verjas en una serie de compartimentos rectangulares, formados por barritas verticales que hacían el oficio de montantes de sección transversal rectangular y de dimensión muy reducida, situándose éstos muy próximos ó espaceados; y luego la segunda serie de hierros, esto es, los travesaños, muy gruesos y robustos, bastante separados y como subdividiendo el vano total, en varias partes, que sea más fácil su ocupación por los pequeños hierros de detalle. Ahora los hierros de detalle vienen á formar pequeñas piezas cortadas en forma de *Ese* quebrantada ó angulosa, mientras que en los compartimentos de menos altura, los hierros son cortados formando figuras ovales. Si nos particularizamos á esa clase de rejas construidas por los herreros franceses, allí continuaron aplicando como ornamento á los trabajos de forja, la plancha recortada, logrando producir trabajos artísticos, al par que elegantes, al mismo tiempo que en sus trazados, respondían perfectamente á las aficiones y gusto artístico de su época, no solamente referente por lo que á la Arquitectura referirse pueda, sino que también, á todas las artes suntuarias que en aquel entonces privaban; la fig. N anteriormente mentada, puede considerarse como á tipo de las obras de su clase y correspondiendo según se ha dicho al siglo XVII.

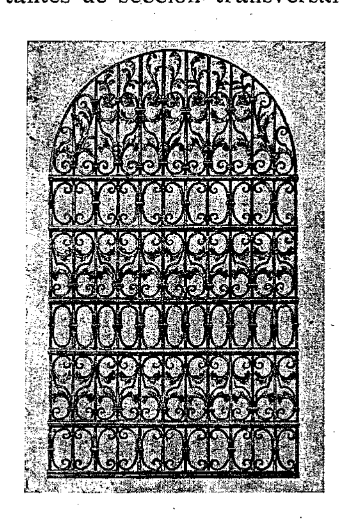


Figura N

63. **Verjas en el estilo barroco.**—Sabido es, que al concluir la mejor época del estilo llamado Renacimiento, se produjo dentro del campo del arte, una confusión de ideas de la cual, y en general, no salió por cierto muy bien librada la estética, gracias á las libertades y exageraciones á que se entregaron la mayor parte de los artistas, cuya tendencia general de sobresalir, ser originales y crear por todos los



medios posibles, un estilo nuevo, llevó á alguno de sus autores hasta el colmo de los dislates, decayendo finalmente el arte á la mayor decadencia y postración.

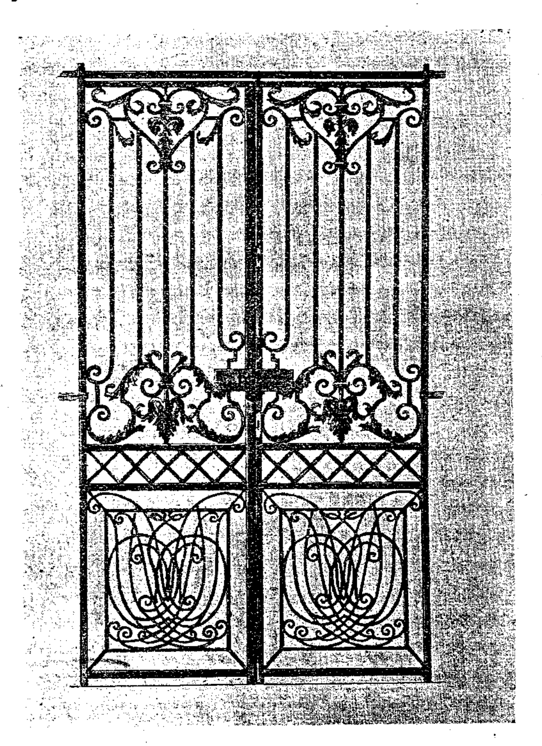


Figura O

Tamañas aficiones, que se designaron en síntesis con el nombre de Rococo en Italia, *Rocalle* en Francia y *Barroco* y *Churrigueresco* en España, siendo este último nombre representación de una variedad del Barroquismo (llevada según los caprichos de su autor Churriguera, degenerando con ello más y más el género Barroco), extendiéronse también en la Cerrajería, y desde entonces, los dibujos de las rejas ó verjas aparecen con una nueva factura, pudiendo en general apreciar los siguientes rasgos generales. Las varillas ó montantes secundarios, se terminan antes de llegar á

los travesaños, ó se interrumpen ó terminan acodados sin motivo justificado. Se hace un abuso de líneas curvas, las cuales se cortan y cruzan, únicamente con el fin de llenar el espacio, en donde se sitúan, sin que se vea la intención de un dibujo estudiado y sentido, pues todo lo más, hace el efecto, semejante á las rúbricas que acompañan á los nombres en las firmas de cartas ó documentos públicos; se repiten con mucha frecuencia los hierros en forma de *Ese;* el ornato viene acusado por hojas, cuya forma y picado, por lo regular grosero y de muy mal gusto, análogas á las que se usaban en el estilo Romano en su mayor decadencia; empleo muy frecuente, de fajas, ocupadas por hierros rectilíneos entrecruzados, formando así una serie de cuadrados, dispuestos de modo que una de un diagonal aparece vertical y la otra horizontal; y finalmente otros detalles de más ó menos importancia, dependientes del contorno general del dibujo que se adopta.

Damos como ejemplo la fig. O; es una reja del siglo XVIII procedente de Sorbonne les Bains, es entre los tipos de su género, uno de los mejores, y puede considerarse, como una muestra de transición entre los estilos llamados de Luís XIV y Luís XV Su composición es sencilla, salvo su parte inferior, algo complicado y confuso su dibujo por el cruzamiento y tejido de líneas curvas que se entrelazan como lo harían, los rasgos de una rúbrica, trazada por mano franca y expedita; por cierto, que esta parte no se acomoda con el dibujo objeto de la parte más alta, dando con ello falta de unidad al conjunto de la composición.



Figura P.

64 **Veleta del siglo XVIII.**—Si bien el arte de la forja, llegó, según hemos indicado, á su mayor decadencia en el siglo XVIII, sin embargo, nótase en algunos países, que hay



empeño especial, en modelar mejor la figura, cuando la índole del trabajo permite la introducción de aquellas, no dando por otra parte tanta importancia á la combinación y labor de los hierros ordinarios que entran en la composición.

Un ejemplo, aunque sencillo, digno de mención, es la figura P que representa una veleta, procedente de la comarca de Vich. Quiso el artista representar en este trabajo al ángel Gabriel hollando á Satanás, y si bien la figura que representa á este último, es algo incorrecta en su dibujo, no así la del ángel trabajo fino y delicado en sus contornos, buenas proporciones, y modelado en todo lo que es posible dentro de la dureza del material férreo. Este grupo está, sustentado por uno como casquete esférico, y éste á la vez por cuatro simples hierros, coronados á guisa de letras S, forma tan común, y de la cual se hacía hasta un abuso en la repetición de las mismas en la época de que se trata.

Remata esta veleta en una cruz, emblema por la cual ha sido humillado Satanás; existiendo la particularidad digna de mención por lo rara, de que en el vástago vertical de dicha cruz, se colocó una banderita con una inscripción, la cual lleva la fecha de su construcción, así como la firma del autor.

65 **Balcón de Santa Coloma de Queralt.**—No pocos trabajos de esta índole podríamos citar dentro de nuestra misma Cataluña, los cuales en mayor ó menor escala, evidencian en los simples detalles, la mayor predilección que se daba al trabajo de las figuras.

La fig. Q representa uno de tantos tipos de balcón que aun se descubren en las ciudades antiguas y pueblos de Cataluña; el presente pertenece á la provincia de Gerona, pueblo de Santa Coloma de Queralt. Sus hierros son sencillos, simples varillas verticales como balustres, sustentando la plataforma ó repisa, por tornapuntas algo panzudos y terminados con pequeñas volutas; mas como quiera que, no contarían con la seguridad suficiente para el aguante, de aquí que

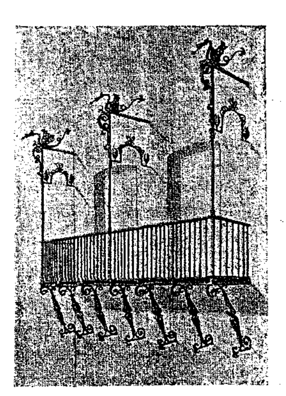


Figura Q.

para aumentar la fijeza del balcón, se eche mano de tres montantes, los cuales, acodados, se empotran en la pared de fachada Semejante trabajo en extremo sencillo y elemental, quiso su autor que cuando menos resplandeciera alguna chispa de arte, y así colocó alados dragones que coronan los montantes, los arcos ó ataduras intermedias, que contribuyen á retener más, los tres citados montantes, los mismos tornapuntas ó jabalcones de la repisa, todos son detalles que aunque sencillos, ofrecen en total un buen conjunto, y evidencian, que aunque en notable decadencia las composiciones y el arte de la forja, aun se vislumbraban en Cataluña algunos resíduos y recuerdos de los antiguos esplendores.

En este ejemplar, lo propio que el anterior, lleva también la fecha del año 1760, en que se construyera, inscrita en un cartel, sostenido por las garras del dragón de la derecha.

**66. Púlpitos.**—Mas ya hemos indicado anteriormente, que en la época en que privaba el estilo llamado Renacimiento, los maestros cerrajeros hacían prodigios, saliendo de sus manos trabajos que á no verlos hoy aún, se tendrían por insuperables, y ese mérito, ese perfecto conocimiento del arte, lo poseían en primer lugar los cerrajeros españoles, reconociéndolo así, los mismos sabios y eruditos extranjeros, que han venido á España para estudiar con ahinco y detención, las maravillas artísticas que nuestra patria contiene, especialmente en la parte de cerrajería (1).

Entre las varias obras de este género dignísimas de notar, por lo muy especiales y únicas tan solo en España, por no existir de ellas ningún ejemplar en suelo extranjero, son algunos elegantes y riquísimos púlpitos, que cual valiosas joyas, avaloran nuestras iglesias. Así se pueden consignar entre ellos, los de las catedrales de Santiago y Orense, obras del maestro Celma, cuyos ejemplares son exactamente iguales y por duplicado en cada Iglesia; los de la Catedral de Oviedo, con grandes labores en su ornato; los de la Catedral de Zamora, cubiertos de follajes sobre dorados, tanto en su pie

(1) *Estudio de las artes é industrias españolas*, por el arqueólogo francés Barón Davilliers.

En esta obra deja consignado su autor, que es España la nación donde los trabajos de hierro han alcanzado mayor grado de perfección, añadiendo luego, que con nuestros *Rejeros* no podían competir los herreros de las otras naciones.



como en su antepecho, ostentando además los blasones de cinco flores de lis, que contribuyen al buen efecto de tan bello conjunto. En la provincia de Huelva existen también varios notables ejemplares. Por último, de más importancia si cabe, que los ejemplares referidos, son los dos que guarda la Catedral de Avila, uno hermoseado con las galas del Gótico estilo, mientras que el otro fig. R, viene revestido con el rico estilo plateresco, y aunque ambos distintos y obedeciendo á diversas aficiones artísticas, son obras producidas en el mismo siglo XVI, y aun también de la misma mano, pues hay indicios suficientes para dejar como cierto, ser su autor el célebre Juan Frances, cual desempeñó el cargo de *Maestro mayor de las Obras de fierro* de aquella Catedral durante la citada época. Pero el de que es objeto la figura R tiene el trabajo más relevado, hasta el punto de figurar en el antepecho y como á ornamentación, dos hornacinas cobijando otras tantas estatuitas perfectamente labradas; además figuran también en la composición unos como buhos, camafeos y otras alimañas, destacándose en relieve y llevado su dibujo del propio modo que el usado en el arte de orfebrería. Este púlpito, aparece como sustentado por una columna, cubierta con fina y delicadísima labor, en consonancia de la parte sustendada.

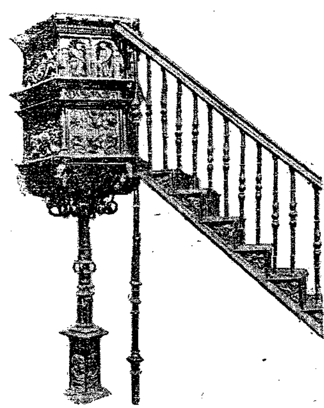


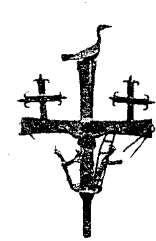
Figura R.

Los balustres de la escalerilla, que dá acceso al púlpito son modernos, pero nó los adornos que tienen las enjutas de los peldaños.

**67. Dificultades de los artistas en el modelado de la figura humana, allá por los siglos XII á XIV.**—Mas, aparte de la que pudiéramos llamar cerrajería arquitectónica, ó sea aquella que tenía por objeto completar la decoración de las construcciones, ejecutaron los cerrajeros de la Edad Media, un considerable número de objetos de puro ornato, y también de inmediata aplicación y reconocida utilidad, tales como son: aldabones, cofrecillos, candelabros, co-

ronas de iluminación, morillos de chimenea, cerraduras, hacheros, enseñas, palomillas, cruces parroquiales y utensilios que rivalizan por su belleza cuanto esmerada ejecución, con las más delicadas obras de orfebrería.

Pero, si en todos estos notables trabajos, demostraron el conocimiento perfecto del material, así como el gusto, ingenio y pericia que poseían los herreros de aquella lejana época; sin embargo, cuando en ellos (sobre todo al principiar el estilo medioeval) se trataba de la representación de la figura humana, sus esfuerzos se estrellaban con la resistencia de la materia para dejarse doblegar, y adquirir las formas y siluetas de la figura que querían representar. Tomamos como á ejemplo para evidenciarlo, la fig. S, es una cruz del siglo XII, de hierro forjado, y en ella está representado el Cristo crucificado, la Virgen al pie de la cruz, y dos ángeles como orando y en guarda del Cuerpo del Redentor. En todas estas figuras se descubre desde luego la impotencia del herrero, para vencer la resistencia del metal, refractario en este caso, para que su maleabilidad sea suficiente de permitir al obrero artista, lo pudiera manejar á su gusto, cual lo haría con materia plástica.


Figura S

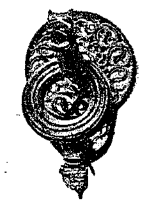
El modelado no pudo alcanzarse de un modo conveniente; el batido con el martillo y aun el retoque con el buril, no han sido de mucho eficaces, para que el hierro fuera adquiriendo lentamente el movimiento necesario para entrar sucesivamente en sus distintos sitios; ora ocupando espacios cóncavos, ora convexos, y así obtener las verdaderas proporciones con la actitud, expresión y detalle que conciernen á cada personaje. Por el contrario, éstos aparecen afectando un bárbaro trazado, desproporcionadas, toscas; y lo propio sucede con los objetos de atributos, representando el martillo, las tenazas, escalera... etc., utensilios todos, que aunque de más fácil trazado que las figuras, resultan también de trabajo rudo, lo propio que la paloma que en lo alto de la cruz extiende sus alas sobre el Crucificado, y en ellos el artífice no ha podido disimular la condición del metal, muy al contrario de lo que resultaba al tratarse de simple decoración artística industrial, en que se olvida lo tosco del hierro; obligándole á tomar caprichosas formas, logrando vencer hábilmente la materia y producir trabajos admirables.



**68. Ejemplo de un llamador, procedente de la ciudad de Vich. Siglo XIV.**—Análogo ejemplo nos ofrece para con respecto al labrado de figura esculturada (fig. T); un ejemplar de un llamador, perteneciente á una casa particular de la ciudad de Vich, remontándose este trabajo al siglo XIV. La aldaba representa, aunque burda y toscamente labrada, la figura de Jesucristo, cuyos pies al golpear al batiente, hieren á un reptil en figura de dragón que se retuerce en la base, simbolizando la imagen del mal. El labrado general es también bárbaro, y sujeto al resentirse el artífice á la impotencia, por lo rebelde de la materia, y no ser tan dúctil como él quisiera en semejante caso; sin embargo, entrando en comparación de este ejemplo con el anterior, siempre tendremos alguna ventaja á favor del último, reconociéndose que no en balde, pasó el tiempo entre la construcción de ambos, toda vez que en el aldabón ya se manifiesta un verdadero adelanto en el dibujo de detalle y en la intención de los contornos, más en armonía con la veracidad de los hechos. En el asunto se nota como en todos los de su época, el idealismo religioso, en donde siempre desarrollaba sus piadosas concepciones el artista.


Figura T

**69. Aldabón catalán, llamado de casa del Arcediano. Siglo XV.**—Mas, los llamadores que quizá privaron posteriormente y con preferencia, eran los que podríamos denominar *Tipos de argolla y calados fondos ó simples placas más ó menos trabajadas*. Uno de los ejemplares más importantes que pueden consignarse, por su belleza y exquisito trabajo, es un aldabón catalán (fig. U) conocido por el *aldabón de casa el Arcediano*, en donde estaba colocado. Es obra del siglo XV; el trabajo del ornato y la cabeza del grifo que sostiene al anillo; así como los perfilados de éste, es perfectamente acabado, hasta llegar á adquirir esa finura de sus líneas un cierto tinte clásico, evidenciando semejante obra la habilidad artística del obrero, al ir modelando los distintos detalles en las condiciones fijas y forzosas, con que había de sujetarse al trabajar lo caldeado del metal.


Figura U

70. **Cerraduras; generalidades.**—El nombre de cerradura proviene del nombre latino *sera*, con el cual se designan dicha clase de aparatos de detalle. La cerradura consiste en una plancha de hierro, sobre la cual se afianzan las piezas que combinadas, producen cierto mecanismo, poniéndose en movimiento en el momento de echar la llave por el orificio de la cerradura, haciendo mover el pestillo de una á otra parte, según convenga cerrar ó abrir las puertas, armarios, cajones... etc.

El uso de las cerraduras es antiquísimo, aunque no hay datos suficientes para fijar su origen, sólo sí se sabe que los egipcios ya las empleaban; y á este propósito Mr. Danon en su *Voyage en Egipte*, t. II, pág. 21, nos dice haber visto en los bajos relieves del templo de Karnach, una representación de cerraduras idénticas á las modernas del país.

Recientemente se han remitido en uno de los museos de Inglaterra, unas cerraduras de bronce, encontradas poco há, en el mismo sitio donde antiguamente se levantaba el famoso templo de Jerusalén.

Las cerraduras hebreas se diferenciaban de las egipcias, en que la llave, en lugar de moverse en sentido de la prolongación del pestillo, lo hacen perpendicularmente á él.

No se tienen noticias claras y terminantes sobre si los griegos conocían las cerraduras; si bien es verdad que sobre de ellas hablan vagamente los autores antiguos, no siendo lo suficiente explícitos sobre si el objeto era mover pestillos, candados, ú otro cualquier sistema de cierre, puntualizando sus explicaciones cual fuera de desear, faltando con ello documentos que lo confirmen. A pesar de ello, resulta que en Pompeya, ciudad de origen griego, se han encontrado cerraduras, mas éstas es más que posible que se deban á las continuas relaciones entre romanos y pompeyanos.

Lo que sí se sabe, es que las puertas romanas se cerraban, por medio de mecanismos que requerían el uso de una ó más llaves, de disposiciones muy variadas, de lo cual se infiere que su complicación no iría en zaga á nuestros sistemas actuales.

Evidencía del mismo modo á qué altura llegó la cerrajería en los tiempos medios, el sinnúmero de artísticos é ingeniosos, cuanto bien labrados cerrojos, pestillos, llaves, guardas... etc., y todo adminículo que se refiera á un recinto cercado.



Sabido es que en todos tiempos, el cierre de una puerta ha tenido lugar mediante el resbalamiento horizontal del pestillo, cual, movido por el impulso que le comunican las dientes de la llave, se aloja en una armella que le tiene aprisionado. En síntesis, y bajo el punto de vista de movimiento, éste es el resultado que se propone, cuando se echa mano de una cerradura; ésta ahora puede ser muy sencilla ó llena de complicaciones, lisa y llana ó cargada de ornato, pequeña ó de dimensiones algo regulares; lo cierto es, que en definitiva se viene á realizar dicho movimiento y esto desde los tiempos más lejanos, según hemos visto, habiéndose hecho uso del metal férreo.

Semejante instrumento ha dado pie, en todas épocas, para que los maestros cerrajeros hicieran gala de su destreza, imaginando cierres complicados, y cuya reproducción para todo otro que su autor no fuera, se hiciera sino imposible, á lo menos de dificultad suma y casi insuperable; así pues, de todas las obras de cerrajería, la cerradura es la que, más cuidado, destreza é inteligencia necesita, y se reasume en sí, en una pequeña máquina de hierro, destinada á colocarse en las puertas, verjas, cajones, armarios... etc., para cerrarlos ó abrirlos, según que antes estuvieran abiertos ó cerrados.

Mas, sea como fuera, todas las piezas que entran en combinación en esta interesante y pequeña máquina, van dispuestas dentro una caja de hierro en plancha, compuesta de base ó fondo, llamado *palastro* ó *chapa*, y de cuatro paredes laterales que se levantan perpendicularmente á la primera, una de éstas se llama *reborde* y *tabiques*, las otras tres, siendo aquélla más ancha que estas últimas, para que así sea dable fijar la cerradura sobre la puerta, roblando, clavando ó atornillando la pared de reborde, en su excedencia sobre dicha puerta. Semejante caja, lo más frecuente es que vaya cerrada por la parte superior, esto es, la opuesta á la chapa, ocultando así y como defendiendo el organismo de la cerradura, y entonces la pieza que se dispone para este objeto, es lo que se llama *cubierta* del palastro.

En cuanto á la pieza que constituye la caja del palastro, se hace ya de fundición, ya también, y esto es más frecuente, de hierro forjado; en este último caso viene constituyendo una sola pieza (excepción hecha de la cubierta) ó bien de varias piezas convenientemente soldadas.

Como quiera que son en gran número y variedad las ce-

rraduras con que hoy cuenta la cerrajería, y nos apartaría mos demasiado de la índole de nuestro libro, si nos propusié ramos describirlas una por una; nos concretaremos á la má fundamental, cual es la conocida con el nombre de *guarda fijas*, y ella nos dará cuando menos, una idea, del principi general del organismo á que obedecen, semejantes detalles d construcción.

*Cerradura de guardas fijas.*—Generalmente esta cerra dura viene constituída por cinco partes, cuales son: 1.ª *E palastro*; 2.ª *El pestillo*; 3.ª *El muelle*; 4.ª *Las guardas* y 5.ª *El cerradero*.

Téngase ahora á la vista la fig. 76 de la lám. 4.ª; en cuan to á la primera parte de detalle, esto es el *palastro*, ya he mos indicado lo constituía la caja de chapa, en donde se en cierra todo el organismo del sistema.

El *pestillo* lo forma una pequeña barra H, de hierro for jado de la mejor calidad, la cual se la puede mover d derecha á izquierda ó viceversa, por medio de movimient de vaivén, y así tiene libre acción fuera del palastro y volve á retirarse entrando en él, gracias al impulso que le comuni can las guardas de la llave, cual está en comunicación direc ta con el muelle, que guarnece la cerradura y de que mu pronto hablaremos.

Con este motivo, se dispone en el palastro un vástago sa liente *l* que juega en una entalladura practicada en el pesti llo, y de manera que éste, pueda efectuar el movimiento d avance ó retroceso horizontal, sin que jamás salga de los lí mites que se le tienen señalados.

El pestillo se compone de tres partes, y éstas son: la *ca beza*, el *cuerpo* y el *talón*; la primera más gruesa que la demás, es la parte que entra en el *cerradero* y de su resis tencia depende la seguridad que ofrezca la cerradura. E *cuerpo* ó sea la parte media del pestillo, está designada en l figura con la letra K, y se halla en inmediato contacto con l llave, mediante una ó más muescas ó entalladuras dispuesta en el canto; semejantes muescas son las *barbas*, y es en don de precisamente actúa la llave; el número de estas barba depende del número de vueltas que se quiera dar á dich llave; por último el *talón*, cuya misión ya hemos referido má antes en la entalladura *l* y en las empulgaduras tales como *k* suerte de entalladuras, lo menos en número de dos, dispues tas en el canto superior del pestillo; en estas últimas entra e



*fiador* del muelle para impedir el movimiento del pestillo.

La broca ó vástago saliente *l*, sirve como es de ver, para hacer solidario el talón del pestillo con la chapa del palastro, permitiendo á la vez el movimiento de aquél á lo largo de la ranura *l* en él practicada. En muchas cerraduras el pestillo se sujeta ó apoya en dos puntos para más seguridad, evitando así el percance de que se caiga, como puede suceder con los que tienen tan sólo una broca.

*El muelle.*—Está en directa comunicación con la palanca F, á la cual impulsa oprimiéndola; en rigor, al muelle le constituyen dos piezas, cuales son: la *palanca* y el apretador; es la primera la pieza de hierro F, formando ángulo con sus dos brazos, sujeta por un eje alrededor del cual gira; uno de los brazos de este ángulo, pasa entre el pestillo y la chapa, hasta colocarse frente al agujero del paso de la llave, y cubriendo parte de las barbas; así, la llave al girar empuja con el morro y levanta la palanca por esta parte llamada *borja*, sacando al propio tiempo de las entalladuras el vástago que lleva dicha pieza, para impedir el movimiento del pestillo cuando engancha en aquél.

En cuanto al apretador, suele ser simplemente un muelle de acero retorcido en espiral, fijo á la chapa por un extremo, y libre por el otro que se apoya sobre la palanca, para oprimirla constantemente y así sujetar al pestillo; vemos, pues, que esta parte es la más importante de la cerradura, pues de ella depende la seguridad de lo que se tenga cerrado. Las *guardas* también se conocen con los nombres de *guarnición*, *rodaplanchas* y *topes*.

*El cerradero.*—Es la chapa de hierro que se clava en el cerco, donde se ajusta ó encaja la puerta en que está fijada la cerradura, desde la cual corre el pestillo, y éste entra en aquélla lo bastante, para que resulte asegurada; con este fin la pieza del cerradero lleva una abertura de sección ó forma igual á la que afecta la del pestillo; además, en la cerradura de seguridad, se prolonga el palastro un poco, formando cubierta de la unión ó cierre de la puerta, á cuya prolongación se le llama *cubre junta*, siendo esto un obstáculo para que pueda forzarse el pestillo desde el exterior.

Conocidas ya todas las partes que componen esta pequeña máquina, llamada vulgarmente *cerradura*; veamos ahora su funcionamiento. A este efecto, la llave se coloca en su sitio, entrando su paletón en el hueco destinado á las *guardas*,

con las cuales ha de ajustar aquél, perfectamente; en este estado, se imprime á la llave un movimiento de giro, y éste, es tal, que el morro del paletón encontrará la *borja* de la palanca F, ésta, que tenía una salida ó talón que estaba alojado en el retallo *k* del pestillo, en virtud de la presión del muelle, mas antes indicado, se levantará desalojando lo saliente de la entalladura, y continuando el movimiento de giro de la llave, solicitará al pestillo empujándole lateralmente, hasta hacer entrar su cabeza á través del cerradero; luego, al final del movimiento de rotación de la llave, el paletón abandonará la *borja*, ésta bajará, y entonces el saliente antes aludido, se alojará en la segunda entalladura del pestillo; fijo ya en estas condiciones este último, el cierre se había efectuado.

Esta cerradura es un ejemplo bastante para hacerse cargo de la esencia y mecanismo de semejante detalle, y ella tal como se ha expuesto, viene á ser la base fundamental de todas las demás que provengan de su modificación, complicándole adrede con motivo de obtener más seguridad; así se han producido cerraduras especiales, cuyas, las más notables no haremos más que enumerar.

72. 1.° *Cerraduras compuestas*.—Cuando su llave ha de funcionar tanto por la parte exterior como por la interior; necesita pues dos entradas distintas, que deben estar bastante separadas entre sí, para que la exterior, única que suele llevar guardas ó guarniciones, pueda funcionar bien, sin que alcance á la segunda entrada.

El movimiento del pestillo es más complicado que el de las cerraduras ordinarias, y el muelle se suele substituir por una chapa de acero en ángulo, que lleva en la parte inferior del fiador, que sujeta el pestillo y la borja que debe levantar la llave, cuya borja tiene dos ramas iguales, sobre las que obra el morro de la llave; la borja pasa por delante del pestillo; y por detrás, ó entre éste y el palastro; se coloca una plancha que se llama *fiador de seguridad* que gira alrededor de un eje horizontal, por el que se une el palastro, estando sostenido además por una grapa para limitar su movimiento.

2.° *Cerradura de vuelta y media ó decinimicas*.—Aquellas cuyo pestillo actúa primero como de llave, y luego como de picaporte; hay pues pestillo y resbalón. Se llaman dichas cerraduras de *botón doble*, son las que más ordinariamente se emplean para cerrar las puertas interiormente, en



las habitaciones; también se conocen en términos de arte con el nombre de *decinímicas*; esto es, de doble movimiento y llevan sobre la corredera del pestillo, un tirador debajo del cual está colocada la chapa, cuya extremidad lleva un espolón que la atraviesa, para engranar las empulgaduras.

Semejante disposición permite que el pestillo vaya y venga, solo é independientemente de este tirador, cuando la llave carga encima para abrirle ó cerrarle á la segunda vuelta.

3.° Las cerraduras *haplocinitas* son también *decinímicas*; pero difieren de estas últimas, en que el resbalón tiene tan sólo un botón que se desliza en una corredera, colocada en una palanca, acodada, que lleva un botón de tirador, fuera de la cerradura, para poderle mover á mano y también con la llave que coge otro brazo adicional y tira del pestillo al girar la palanca; el otro pestillo de la cerradura, es durmiente.

4.° *Cerradura de combinación*.—La que no se puede abrir sino de una manera determinada que es necesario conocer.

5.° *Cerradura de secreto*.—Lo mismo que de *combinación*. Son innumerables y sumamente varias las de esta clase, siendo su mayor parte más objeto de curiosidad, que no de directa utilidad, pues una vez en posesión del secreto, queda abierta la cerradura.

Utilizarse puede cualquiera de las otras cerraduras, ó cuando menos, su mayor parte, sin más, que añadir un tope, en el que tropieza la cola del pestillo, tope que sólo puede desviarse con una llave, aguja ó muelle aplicado en determinado sitio, que debe ser conocido tan sólo del dueño de la cerradura. Sobre este asunto se han estudiado ciertas combinaciones, que defendieron á la cerradura de cualquier golpe de mano, debido á la rapacidad de los ladrones, imposibilitando de falsear la cerradura, aunque se trate de sacar en cera una llave falsa. En semejante cerradura, la entrada de la llave tiene un dibujo de mucha complicación, el cual no se corresponde con la embocadura de la misma llave.

6.° *Cerradura de guardas movibles*.—La provista de semejante detalle para mayor seguridad del cierre.

7.° *Cerradura de loba*.—Cuando los dientes de las guardas de la llave, se asemejan á los dientes del lobo.

8.° *Cerradura de pestillo durmiente*.—Llamada tam-

bién *decivelchina*. Tiene esta cerradura dos pestillos, uno d ellos, el principal, es de forma *ahorquillada* y el otro d *resbalón*; difiere de las otras cerraduras de dos pestillos, e que éstos, en las últimas, tienen embocaduras ó empestillamientos diferentes, mientras que en las de pestillo durmiente los dos, entran en el mismo hueco, teniendo la ventaja de poder funcionar juntos ó independientemente. También se distingue esta clase de cerradura, en que se suprime el muell para sostener el pestillo grande.

9.º *Cerradura de dos vueltas.*—Cuando su pestillo, sal dos posiciones, una á cada vuelta de la llave.

10. *Cerradura de llave de pezón.*—La común de llav maciza que puede abrirse por los dos lados.

11. *Cerradura de seguridad.*—Aquella que por su com posición especial, disfruta de esta cualidad, impidiendo qu pueda abrirse con otra llave que la suya, y que no puedai utilizarse las *ganzúas*.

12. *Cerradura de una vuelta.*—Lo mismo que cerradu ra de llave de pezón, y se abren con una sola vuelta de llave

13. *Cerradura de vuelta y media.*—Aquella cuyo pes tillo actúa primero como de llave, y luego como de pica porte.

14. *Cerradura de dos vueltas y media ó bidecinímica* —Es una cerradura de dos vueltas con resbalón, no diferen ciándose de las decinímicas, en otra cosa que en la dobl vuelta de la llave.

15. *Cerradura de resbalón ó pico de caña.*—Hoy s emplea con frecuencia en las habitaciones interiores, substi tuyendo á los picaportes.

El pestillo en esta cerradura, es una pieza doblement acodada en ángulo recto, encontrándose horizontales los bra zos de los codos y vertical la intermedia, tal como viene di bujada una letra Z, cuya forma afecta, aunque la rama infe rior es mucho más corto que la superior, cada una de esta ramas horizontales, corre dentro de su armella ó *picolete* conservándose el pasador ó pestillo, su posición saliente, par introducirse un extremo ó *pico de caña* en el cerradero gracias al impulso que le comunica un muelle que obra con tinuamente sobre dicho pestillo.

Ahora bien, entre las dos ramas horizontales y accionan do sobre la parte del pestillo que resulta vertical, acciona e *foliote*, esto es, una palanca que se juega por el exterior, po



medio de unas empuñaduras sujetas á una barra ó vástago de sección cuadrada, que atraviesa perpendicularmente á la puerta, ajustando en su paso al agujero cuadrado, con que está atravesado dicho *foliote*.

En cuanto al cerradero de dicho resbalón, lleva en su canto una pieza cilíndrica contra la que resbala la punta ó *pico*, labrado en bisel en el pestillo, y de tal modo, que cuando actuando sobre la barra del foliote, se imprime una ligera presión hacia el muelle; entonces tiene lugar el resbalamiento que obliga á ceder al muelle, retrocediendo el pestillo lo suficiente, para que la puerta encaje, y entonces, recobrando el muelle su tensión, vuelve á salir el pestillo, alojándose en el cerradero.

La llave de semejante cerradura no tiene guardas y el cañón es cuadrado ó poligonal y se ajusta en una broca que lleva la cerradura; son las llaves que se conocen con el nombre de *llavines*.

16. *Cerradura de empanada.*—La que queda introducida en una caja hecha á propósito en el grueso del larguero de la hoja donde se coloca.

17. *Cerradura guarnecida al revés.*—La más ordinaria que se usa y deja ver su mecanismo después de montada.

18. *Cerradura recercada.*—La que nos oculta su mecanismo dejando ver tan sólo el pestillo cuando sale hacia el cerradero.

19. *Cerradura de molinillo.*—Era la que tenía el cañón por donde entra la tija de la llave movible y giratoria, sobre el palastro de la cerradura (... teniendo la tal arca una cerradura de *molinillo.—Murcia que se fué*, pág. 4, FUENTES).

20. *Cerradura de bombillo.*—La que se abre con llave que tiene hendiduras longitudinales en su tija y que actúa como el émbolo de una bomba. El ojo se halla siempre tapado con su guardapolvo de disposición muy variada, y que es necesario saber separar para introducir la llave.

21. *Cerradura de Bramah.*—Del nombre de su autor, constructor inglés que la puso en práctica en el año de 1784; es hasta cierto punto una variedad de la cerradura de bombillo, y se funda en el principio de estorbar la marcha del pestillo. En todo rigor esta clase de cerraduras las usó por primera vez el inglés Baron, aunque posteriormente las perfeccionó su compatricio Bramah.

Semejante sistema ha servido de tipo, mejorándolo con al-

gunas variantes para algunas otras cerraduras, entre las cuales puede consignarse la siguiente:

22. *Cerradura de delator de Chubbs.*—Que si se la ha querido forzar con llave extraña, lo acusa no lográndose luego abrir con la suya propia, interín no se la dispone al efecto.

23. *Cerradura de Rochefort.*—Esta es de llave cambiante.

24. *Cerraduras de borjas y testigo.*—Es una modificación de la de Chubbs, quien al modificarla introdujo las borjas con ranuras de muesca; y poniendo dos botones en el pestillo, además, ha introducido un mecanismo de seguridad, que impide sea forzada la cerradura y sea descubierta en el momento que se intente todo conato de violación. A tal mecanismo le llama *testigo* ó *delator*, por ser el que descubre el *maltrecho*.

25. *Cerradura Parsans.*—Se funda en el principio de la introducción de un sostenedor movible para el pestillo, de manera que aquel pueda interceptar á voluntad el movimiento del último.

26. *Cerradura Smith.*—Esta ofrece una doble seguridad para el pestillo, porque la llave debe accionar sobre una disposición de bombillo, antes de poder levantar cuando giren las guardas, cuales son movibles.

27. *Cerradura Doyen.*—Es una modificación de la de *borjas* y *testigo* para hacer aun más difícil la violación del mecanismo.

28. *Cerradura Richard-Hill.*—Es de secreto y tiene dos palancas en el pestillo unidas por una brida.

29. *Cerradura Mireau.*—Esta es del género de las compuestas y necesita *llave* y *llavín*, este último pasa al resbalón. Tiene de especial en que la llave se compone de dos partes, una fija en la cerradura, que consiste en un cañón colocado interiormente al que se ajusta la llave, cuyo cañón tiene dos ó tres palanquetas, que en su posición natural ó de entrada de la llave, se ajustan á otras tantas ranuras é impiden girar á dicho cañón, mientras no se introduzca la llave y la empuñadura del resbalón por el interior, necesitando además del llavín hacia lo exterior.

30. *Cerradura de Huet.*—Es también de seguridad y de sistema de balancín. Lleva en la cola del pestillo unos pequeños agujeros, en los que entra una punta que lleva un muelle



que se levanta con la llave, que al efecto lleva en las guardas, una palanqueta; de ese modo no se puede abrir sino con su propia llave.

31. *Cerraduras sin llave.*—Son muchas las que existen debidas á varios autores como Grangoir y Decormeaux, cuales se componen de dos, tres ó más pestillos, unidos á la vez por un *vaivén* á que van unidos, siendo la cerradura un resbalón de varios pestillos. Mas, como éstos se ponen en movimiento con el *vaivén*, haciendo que éste no pueda moverse sin determinadas condiciones, se habrá conseguido lo propio que en aquéllos. A este efecto, hay cuatro botones que salen al exterior, desde donde pueden hacerse girar alrededor de su eje; estos botones llevan en su contorno, todas las letras del alfabeto, que se corresponden una á una, con otros tantos dientes de una rueda que hay en el interior de la cerradura, montada sobre el mismo eje, y formando llanta del disco que se mueve con el botón alfabético ó rozamiento duro.

Como se comprende, son aun en gran número las cerraduras que aun podríamos indicar, y derivadas de estudios particulares y la pericia de cada uno de sus autores, pero la lista se haría interminable y bastan, por lo tanto, las mentadas, cuales son tipos especiales, de los cuales se infieren todas las demás.

**73. Cerraduras antiguas.**—Mas, concretándonos ahora á las cerraduras más antiguas que se conocen, éstas aparecen compuestas de una caja de hierro batido, embutida en la plancha de palastro, cuya última se ostenta vista al espectador. Luego aparece (fig. 77) el pestillo ó pasador A, con un pomo ó manecilla C en su parte extrema, todo semejante á un cerrojo común de cara plana y sujeto á deslizarse entre las dos armellas B, con el auxilio del pomo C, siempre y cuando lo permita el giro de la llave, dejando el resorte interior libre al pestillo, el cual, cuando convenga para el cierre, entra en la armella D que aquí está como encerrada ó envuelta, como en una caja.

Los bordes ó aristas de la plancha de palastro, están reforzadas por un encuadramiento como marco de cuadro, empleando al efecto un hierro baquetón en torsión, quedando así dentro el remadro, el rectángulo liso, que rodea el pestillo; rectángulo que se ornamenta, valiéndose de una combinación de hojas de hierro batido y superpuestas en las plan-

chas antedichas, sobre la cual se fijaran por medio de remaches roblonados, tal como vienen indicados en la figura de su referencia. La manecilla E sirve para abrir la verja ú hoja, en donde está fijada la cerradura.

74. **Llaves.**—Es la llave, en general, un vástago de hierro, instrumento por el cual, introduciéndolo en el agujero de la cerradura y moviéndolo convenientemente, sirve para abrir y cerrar, moviendo con sus guardas el pestillo en doble dirección. Es, pues, el instrumento complementario de la cerradura, sin ella, aquéllas no entrarían en juego, ya abriendo ó cerrando la abertura.

La llave se compone de seis partes (fig. 75) y son: el *anillo* ú *ojo* a; el *filete* b; el *tronco ó caña* c; el *paletón* d; el *morro* e y el *pezón* f. En cuanto á las llaves de taladro, esto es, las que son hembras; éstas carecen de *botón*. Veamos ahora en detalle cada una de estas partes.

1.° *El ojo ó anillo.*—Por él, se sujeta previamente la llave y se la transmite el movimiento; puede conceptuarse como á una suerte y especial brazo de palanca, cuyo punto de apoyo es el pezón en las llaves lobas ó machos, y la broca en las llaves hembras; mientras que su punto de aplicación puede considerarse que está en el centro de figura de dicho ojo, el cual puede tener varias formas; pero en general se le dá la aproximadamente oval ó elíptica; precisando sí, que como á brazo de palanca, sea de la longitud suficiente, para vencer la resistencia que se le opone, cuyo requisito se cumplirá si se da á su eje mayor del duplo al cuadruplo, de lo saliente de las guardas. Por otra parte, como quiera que, la llave está sujeta á recibir esfuerzos bruscos de giro, susceptibles á doblarla, conviene que para que pueda resistir semejantes embates, su hierro sea forjado y se excluya en absoluto la fundición en semejantes casos. El esfuerzo iniciado en el ojo, se transmite por la caña, obrando luego sobre el paletón, el cual se encarga de mover las piezas de la cerradura, y así en definitiva mover el pestillo en el límite que le corresponde.

2.° *El filete* b.—Esta parte viene á constituir como una garganta de la llave, y une al ojo con la caña, reforzando á la llave en dicho sitio al darle algún tanto de mayor grueso. Por el extremo del filete se limita la entrada de la llave en la cerradura, sirviendo así, para asegurarnos de la justa posición de la llave en su correspondiente aloje.



3.° *La caña* c.—Es la parte que forma el cuerpo de la llave, y lo forma una suerte de varilla maciza, en general de forma cilíndrica, aunque ésta no excluye en particular toda otra forma, como *triangulares*, *cuadradas*, *poligonales*, *treboladas*, *de corazón*, *crucetas*... etc., cuyas figuras puede afectar también el interior del cañón, dado que sean hembras.

Para con respecto á su construcción y principios á que se utilizan, las llaves pueden ser: De *botón*, *machos* ó *lobas*; *hembras*, *de cañón* ó *brocas*; de *doble y tercera vuelta*; *ganzúas*; *falsas*; *maestras* (1)... etc.

Mas, lo que sí es indispensable, que la caña tenga igual forma que el cañón de la llave (si ésta es hembra) ó del pezón (si es macho).

Es de advertir que el cañón, si la llave es hembra (2) ó el pezón, si fuera macho, es el trecho de tija ó vástago á que van unidas las guardas.

En algunas llaves, en las cuales se trata de impedir la falsificación de las mismas, por ser de utilidad los objetos que encierran. Se divide el interior del cañón en varios compartimentos, por medio de delgados tabiques, siendo objeto semejantes modificaciones, de trabajos sumamente ingeniosos, á la vez que de gran dificultad práctica, sobresaliendo en ellos la pericia y habilidad del cerrajero.

4.° *El paletón* d.—Parte principal de la llave, pues lleva en él trabajadas las *guardas*, alma de la llave y secreto de la cerradura; este paletón lleva en su canto inferior el *morro* e; éste es el que está destinado á encontrarse en contacto inmediato con el pestillo de la cerradura, obligándole á moverse, y por lo tanto, viene á ser el *morro*, la parte activa de la llave. El paletón puede ser liso como en la fig. 75, pero generalmente va acompañado de muescas ó perforada de va-

(1) *Ganzúas.*—Son las llaves que se emplean para abrir una cerradura de la que se ha perdido, ó no se posee la verdadera llave; las guardas son sencillas, sin muescas y el paletón muy estrecho.

*Falsas.*—Son las que se construyen para falsear una cerradura, y no difieren sensiblemente de las verdaderas.

*Maestras.*—Tienen guardas dispuestas de tal modo, que con una sola llave se abren todas las puertas de un edificio.

(2) En este caso, el taladro del cañón ha de ser perfectamente igual á la profundidad misma que el ancho del paletón, y con paredes de igual espesor.

rios modos, formando dibujos con combinaciones caprichosas, cuales espacios huecos, barbas, muescas... etc. que dejan entre sí las varias partes del paletón, hánse de ajustar perfectamente al permitir el paso de las guarniciones de la cerradura.

Por la inversa, las guardas ó salientes de la cerradura, cuales están destinadas á ocupar perfectamente las entalladuras abiertas en el paletón, dan lugar también á gran número de combinaciones, y según la forma que afectan las mencionadas entalladuras, es por la que reciben varias denominaciones; así hay sistemas de *hocina*, *cruces*, *tornillos*, *muletas*, *rectas*, *oblicuas*... etc.

No es cosa tan fácil la construcción de las guardas, muchas se trabajan á la lima, siendo su labra bastante paciente, en virtud de que una buena llave ha de ser de una sola pieza, sin admitir soldaduras.

Sin embargo, precisa tener presente, que no siempre la complicación de las entalladuras y dibujos en el paletón, indica mejor bondad y seguridad en el cierre, toda vez que algunos casos pudieran citarse, de que se construyan paletones con muchas muescas y rebordes, cuales nó tienen las debidas guarniciones para recibirlo en la correspondiente cerradura; claro está que semejante hecho, viene á ser un engaño manifiesto, para el que compra una cerradura con su llave, pues al creer que obtiene con ella una seguridad completa, resulta en definitiva, surtirse de una cerradura simplemente ordinaria, y sujeta muy fácilmente á la más trivial falsificación.

En el caso, pues, en que se quiera cerciorar si los dientes y muescas de semejante complicado paletón, coinciden con igual trabajo practicado en las guardas de la cerradura, puede empatarse con cera ó sebo todas las entalladuras ó huecos del paletón, introduciendo luego la llave en la cerradura, haciéndola funcionar, quítese después de la cerradura, examinando el paletón, entonces puede resultar que toda la cera ó sebo se halle desprendido, para dar entrada á las guardas de dicha cerradura; en este caso la llave tiene el paletón real que corresponde á semejante cerradura; mas, si al salir la llave, quedan intactas las masas de cera y sebo que rellenan las entalladuras, eso manifestará desde luego, no existir las debidas guarniciones ó guardas en la cerradura para la mentada llave, y entonces el engaño será manifiesto.

De todos modos, no conviene cargar demasiado de enta-



lladuras al paletón de una llave, por el riesgo que se corre de debilitar el paletón, exponiéndole á romperse á fuerza de algunas sacudidas ó de su mucho empleo (salvo el caso de que el grueso del paletón sea muy robusto).

Lo que sí conviene tener en cuenta, que obedeciendo á un giro el movimiento de una llave, las muescas no pueden ser planas y sí curvilíneas, pues en virtud del movimiento circular y dado que las guarniciones sean arcos, resultaría, de no guardar este requisito, que las guardas no llenarían bien los huecos de las entalladuras.

Las guardas de las llaves de alguna importancia se trabajan al torno.

Las llaves pueden clasificarse según el número de vueltas que necesitan dar para abrir la cerradura; así, son *simples* cuando dan tan sólo una vuelta; *dobles* cuando verifican dos vueltas y de *triple vuelta* si son tres las vueltas que han de dar, y finalmente son de *media vuelta* cuando no sea dable dar la vuelta completa, ya sea esto por la índole especial del mecanismo, ya también porque de lograrse aquélla, volvería á efectuar el cierre.

Veamos ahora, aunque brevemente, como se conduce la construcción de una llave; para ello empieza el herrero tomando una tija, vástago ó varilla de hierro, cuyas dimensiones, aunque con creces, sean aproximadamente las que haya de tener la llave; la longitud de la tija es arbitraria y lo suficiente para que el operario pueda manejarla sin quemarse; después como diremos, ya se cuida de cortarla y limitar su longitud, en la justa medida que necesite y haya de tener la llave.

Pone luego al fuego de fragua, uno de los extremos de la varilla, hasta que aquel haya adquirido la entonación de la calda sudosa, en cuyo momento se retira el hierro, colocando su parte roja sobre el yunque, procede en este estado á batirlo el operario, recalcando masa de hierro en dicho extremo caldeado, á cuyo efecto se le da el doblez ó dobleces que se crea oportuno, machacando luego estos dobleces, y así se acumula material hasta que el ancho de esta masa, es á propósito; entonces se le dá forma á golpe de cincel y mazo, recortando el contorno rectangular (ó la forma que sea) del paletón, dado caso que éste sea liso y plano, que es el más sencillo; mas, como quiera que la mayor parte de los paletones vienen con dientes. huecos y guardas complicadas, for-

mando dibujos y combinaciones de gran variedad de contornos, de aquí que el operario ha de volver á caldear el paletón que hasta ahora ha obtenido en embrión, y provisto éste otra vez de la calda sudosa, se le quita otra vez de la fragua, y como el hierro así, se ha hecho lo suficiente maleable, se le coloca sobre el yunque, y entonces se deja trabajar fácilmente con los *martillos-escuadras*, *cinceles*, *brocas*... etc., cuales según los casos, van percutiendo sobre la masa del paletón, con más ó menos intensidad, según sea la índole del dibujo de que se trate. Por lo que vemos, el paletón puede afectar varias formas, y ellas cabe el ser *torcida*, *cóncava*, *convexa*, como muestra las figs. 78 y 79; en este caso particular, precisa que el hierro preparado en el paletón, sea lo bastante grueso para dar lugar á las entradas y salidas y distintos vuelos de sus partes, para que en sus huecos puedan trabajar cómodamente las brocas y el buril, y que luego se afinan con la lima, pues se comprende perfectamente, que el forjado deja no más toscamente labrado al paletón, siendo necesario luego repasarlo, afinarlo y concluirlo con la lima y demás instrumentos que el cerrajero crea más convenientes; así, pues, antes de este trabajo de conclusión, lo que realmente se ha hecho con el hierro del paletón, ha sido simplemente henderlo para dar paso á las guarniciones ó guardas de la cerradura; y esta operación, es en donde demuestra el operario todo el ingenio, pericia y práctica de que es capaz, con sus mil recursos y su paciente labor.

Se procede luego al labrado de la caña, en la longitud que se la quiera dar, y eso se practica con el auxilio de las caldas que el operario tenga por conveniente; y ya una vez el hierro candente, se le quita sobre el yunque parte de su materia, haciéndola desprender de su contorno, hasta que se crea que la caña tiene el grueso suficiente, ya en forma cilíndrica ó ya ligeramente cónica, valiéndose al efecto alternativamente del cincel y mazo, ó martillo que va golpeando al hierro en su fuste, al mismo tiempo que el operario va haciendo girar la tija con sus manos.

Hecho esto, es cuando se corta la tija, tomando de ella una longitud igual á la que se necesite para la llave, aunque tomando dicha longitud con algunas creces, toda vez, que es preciso siempre contar con los dobleces y recalcos que ha de sufrir el hierro, al querer acumulársele en ciertos sitios, en particular á los extremos. Se corta, pues, sometiendo antes



á la calda sudante el sitio de su cortadura, y una vez ésta en sazón, se traslada al hierro sobre el yunque y se degüella la tija en el mismo punto marcado, echando mano del degollador y del martillo que le percute.

Talla del ojo de la llave: á este efecto vuelve al fuego el hierro, exponiéndolo ahora en la extremidad cortada, esto es, la destinada al ojo (ahora al hierro se le maneja por medio de unas tenazas, en virtud de haberle separado de la tija general, pues de lo contrario se quemaría la mano del operario) una vez tenga ya la calda sudosa, préstase el material á dejarse doblegar en su extremo, y así doblegando y machacando, se consigue acumular masa, recalcando material suficiente en dicho sitio, hasta conseguir que en él, quepa el ancho y altura de la cabeza de la llave.

Hecha ésta, y aprovechando siempre lo caliente de la calda, coge el operario el hierro y lo atraviesa en esta parte extrema, iniciando con ello el ojo de la cabeza de la llave, á cuyo efecto le arremete contra la punta del cuerno del yunque ó bigornia, y aquélla le pasa por ojo, dándole paso, la masa pastosa en que se encuentra el hierro, en virtud de la calda anterior. Abierto ya el orificio, se le va afinando, dándole en detalle la debida forma que definitivamente ha de tener, valiéndose para ello del cincel. Del propio modo por medio del cincel, martillo y de las mordazas del tornillo (para sujetar convenientemente la llave), se le dará forma hacia el contorno exterior, que regularmente afecta la figura oval.

Cuando se trate de una llave *hembra* ó de caña taladrada, se procederá á ahuecarla antes de limarla, y para ello se la cogerá en las quijadas del tornillo y cabeza abajo, presentando su extremo que hay que perforar, debajo de la palomilla que sostiene el berbiquí, tal como indica la fig. 148, lámina 7.ª, haciendo siempre que el impulso de la broca, sea bien vertical y marche en dirección, confundiéndose su eje con el de la misma llave.

Para acertar mejor con dicha operación, se ensayan varias brocas, empezando con una muy delgada, y continuando progresivamente con las más gruesas, hasta obtener el diámetro del cañón, en el ancho que se desea; así haciendo, se consigue que las limaduras no emboten ni imposibiliten el trabajo, atascando al taladro.

Los cerrajeros de la Edad Media, y aun también los de épocas posteriores, llegaron á hacer de las llaves objetos ar-

tísticos de mucha valía, sobre todo cuando las fabricaban con destino á esas cajas ó cofres de variados dibujos y de un gusto artístico exquisito.

Trabajábanlas en diversidad de formas, labradas ya en sus cabezas, ya en su caña y hasta en su paletón en donde se desarrolla, en la combinación de dientes, el ingenio del artífice artista (fig. 78) que llega á producir un verdadero laberinto, formado por los huecos y macizos de los mismos, y que contribuyen á dificultar la apertura clandestina de la caja ó cofre.

75. **Cofres.**—Uno de los muebles más principales de la Edad Media, es el cofre, en donde se guardaban ropas y joyas de valía.

Su tapa móvil y giratoria alrededor de charnelas fijas, por medio de bisagras. La cerradura de esos cofres, se acusa generalmente por medio de la placa de palastro. La llave hace que se desprenda ó encaje el pestillo en su armella, una vez que un asidero de hierro, terminando en un saliente que es la armella antedicha, y prendido en la propia tapa; al cerrar ésta, se ha podido introducir la armella en el hueco de la cerradura, quedando así el asidero aplanado sobre el ras del cofre.

Estas son las cerrajas llamadas de asidero (figs. 77 y X) y fueron de mucho uso durante los siglos XV y XVI. El ornato de estas arquillas y cofrecillos, son verdaderos prodigios, y ante las delicadas labores que las decoran, cuanto artísticas filigranas, piérdese hasta la noción del metal, olvídase la rudeza de la materia, examínase el trabajo con igual interés, con igual atención, que si se tratara de un trabajo de orfebrería. Difícil es describir un tipo de esos preciosos cofrecillos cubiertos de primorosos calados, ejecutados en el hierro, que se destacan sobre el fondo de cuero y tejido de distintos colores.

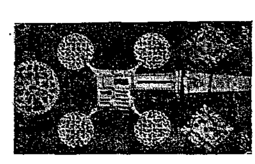


Figura V

Entre las arquillas enriquecidas con vistosos y elegantes cerrojos, es sin duda la disposición del ejemplo de la fig. V una de las más características y que puede servir de modelo entre los trabajos que de este género se hacían en el siglo XV. Es perteneciente á la colección Bernard; la plancha de la cerradura es de relativa y reducida dimensión, y viene sujetada en sus vértices por elegantes pernos, de cabeza afiligranada, situados dos en dos diagonalmente.



76. **Célebre porta-hasta de la Ciudad de Siena.** —La fig. X pertenece á la colección de Lisech, siglo XV. Mas ya en otro lugar hemos indicado que habían llegado á tal altura los maestros herreros y cerrajeros de la Edad Media, que para ellos no había ya ninguna dificultad que entorpecer pudiera la construcción de todo trabajo que se propusieran realizar con el hierro. Con el auxilio de la estampa matriz, se ha visto lo mucho que se había adelantado, pues gracias á ella adornaban los objetos, especialmente las verjas con rosetones y ornato el más caprichoso, que de su inspiración surgiera, y su obtención era fácil por otra parte, sin embargo de esto, obtenían no más el dibujo ú ornato hacia un lado, esto es, el delantero visto para el observador; mas no tardaron en querer producir más efecto y obtener el objeto, ya fuera asemejando á una planta, á un asunto de la fauna ó ya también la figura humana, no ya relevado sobre una superficie, y sí aislado, corpóreo, ostentando su silueta y contorno, del propio modo como lo haría el objeto al natural visto tal cual fuere en el espacio. Tal maravilloso y paciente resultado, lo llegaron á alcanzar, adelgazando el hierro por el batido, recortándolo luego y repujándolo con el martillo hasta obtener los relieves necesarios y viniendo luego á soldar sus distintas partes en torno del núcleo que le reportara, ó en la disposición que fuera indicada en el dibujo concebido. Ese modo de hacer daba ya pie, para poder ejecutar cualquier concepción que se propusieran.

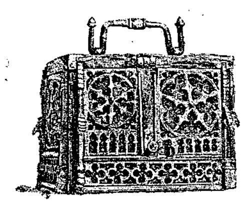


Figura X



Figura Y

Tal es uno de tantos objetos que podrían citarse (fig. Y) el original y artístico *porta-hasta* de bandera, existente en la ciudad de Siena, cuyo trabajo de forja, y que data de á últimos del siglo XV, pone muy alta la fama del artífice italiano que tal hiciera; mereciendo patente; aparte de lo que á la

forja se refiere, de repujador y soldador de primera fuerza. El trabajo del anillo, lo larga y retorcida de la cola del quimérico dragón, su movida cabeza al abrir sus desmesuradas fauces para ostentar aquella lengua ondulante, el aleteo de aquellas encorvadas alas; todos son detalles que demuestran haber querido adrede buscar dificultades, para burlarse como si dijéramos de la dureza del material férreo, y dominarle cual si fuese maleable plomo. Téngase aquí en cuenta, que las soldaduras son en extremo difíciles de ejecución, por lo movido y aislado del material, precisamente en los mismos sitios que conviene practicarlas.

77. **Candelabros y arañas de iluminación**—La ornamentación litúrgica ofreció del mismo modo ancho campo á tan inteligentes artífices, para desplegar todos los recursos de sus dotes, en los candelabros y arañas ó coronas de iluminación del período gótico. Semejantes primorosas obras que aun nos quedan y podemos por lo tanto examinar, dan idea por sí solas del proceso industrial, así como la fantasía é ingenio de los maestros de aquellos tiempos.

Son muchos y variados los candelabros, que por fortuna nos han legado aquellas generaciones, y aunque todos obedecen al mismo principio útil, esto es el pie generalmente *trípode*, el fuste ó alma, y finalmente el platillo ó taza para recibir el cabo del hachón ó grueso cirio, sin embargo varían sus graciosas siluetas, según sea la parte ornamental y concepto, que en su fantasía haya concebido el autor.

Así el tipo primitivo (figs. Z y A') es sumamente sencillo, compuesto de simples líneas y extraño á todo ornato, el fuste termina en el platillo, el cual sustenta directamente al hachón, cuyo es una especie de gollete, destinado á aprisionar el cirio ó blandón, ó bien en una punta para clavarlo y sostenerlo; el primero pertenece al siglo XIII y el segundo al XIV, uno y otro no tienen dificultad de ejecución, trabajo de simple forja, al alcance de todo herrero.

Fig. Z

Mas, no tardó en ser este detalle, un objeto que dió motivo á una feliz y bien dispuesta decoración, pues mientras que el arte iba desarrollándose, y tomando carácter dentro de sus nuevas evoluciones que se sucedían por exigirlo así las necesidades, ideas distintas y modo de ser con que se iban amparando las sociedades; el buen



gusto iba también encauzándose, reflejándolo así todo cuanto la industria produjera.

En los candelabros por ejemplo, se trató de embellecer el fuste, que antes frío y escueto, apareció después algo robustecido por medio de hacecillos en forma de pequeños junquillos, ó enriqueciéndole ya con abrazaderas, ya también por medio de lazos que lo envolvían afectando formas helizoidales, ó bien imitando ranuras y hojas de enredadera. Poco después, desarrollándose el estilo gótico en todo su esplendor, dió motivo á la ornamentación del platillo superior que recibía el arranque del hachón, y aun éste, acompañado á su alrededor de otros secundarios para recibir otras luces, formando todas un bello conjunto con la central.

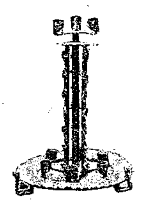


Figura A'

Las hojas *cardosas*, las de *lis*, de *acanto*, *rosetas*, *mascollas*... etc., suministran elementos de que se vale el artista y artífice para similar una suerte de singular maceta artística y de caprichosa silueta, en donde al parecer nacen los hachones objeto de tan precioso sustentáculo; véase como á ejemplo la fig. B', candelabro del siglo XV.

Figura B'

Iguales precedentes motivaron las arañas ó coronas de iluminación, destinadas á estar suspendidas en las bóvedas de las grandes naves de las iglesias (fig. C') araña del siglo XV. Formadas primero por un aro que sustentaba varias boquillas para sujetar las velas de cera, distribuídas equidistantes, no tenían más adorno, que algunos rosetones á modo de flores ó chatones trifoliados, ó bien sujetos por medio de remaches intercalados en los espacios destinados á la luminaria.

Agrandóse después la corona sobreponiéndose otra de menos diámetro, tal como indica la expresada fig. D', agregando por último, una tercera, que fué el complemento de la araña, lográndose enriquecerla con la belleza ornamental que tanto caracteriza las creaciones de los tiempos medios, y sobre todo, la fantasía y buen gusto de los maestros cerrajeros.

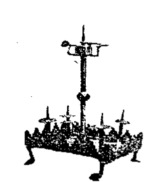


Figura C'

78. Por lo visto hasta aquí, ya podemos inferir que si el empleo del hierro en las construcciones es de fecha reciente, pues que alcanza á nuestros días, en cambio el uso de ese metal, destinándolo á objetos de detalle y trabajos de pequeñas relativas dimensiones, data de fecha muy antigua y su arte es de ilustre abolengo. El herrero de aquellos tiempos, hacía su obra con verdadero cariño como diríamos ahora, se interesaba en ella desplegando desusada afición en su trabajo, esencialmente manual, viniendo á ser un *amateur* de su oficio, en el que el arte interviniera, en todos los objetos que le estaba deparado labrar, y éstos á su vez constituían motivos de inmensa utilidad para todos los usos que la sociedad reclamaba, y para los cuales, el inteligente obrero no perdonaba tiempo, ni fatiga necesaria, y que tendiera al feliz ideal que perseguía, cual era la perfección de la obra, y hé aquí porque por eso, salía minuciosa su labor, atildada á la par que razonada en todas sus partes, y es, que el artífice se había convertido en artista.

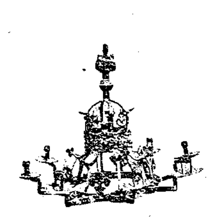


Figura D'

Así, al llegar el siglo XV, esto es, en el preciso moment que el trabajo de forja había llegado á su apogeo, y quiz también el más importante, logrando el mayor favor del pú blico entre los demás oficios y ramas de la construcción é in dustrias, vemos que el herrero ó cerrajero, invade hast cierto punto, gran número de oficios, y así, tan pronto llev á la forja, las piezas que hábilmente combinadas forman es belta y elegante cruz, como aquellas otras que salidas de su manos, constituían aquellas ricas y complicadas bisagras, artísticos llamadores con destino á severas y suntuosas pue tas de palacios señoriales. Ya le vemos por otra parte, cons truyendo cuidadoso, el rico cofre, que ha de contener joya ropas finas y objetos de valor; así también el esbelto cand labro (fig. 80) artístico, facistol ó caprichoso trípode (fig. F') hasta la modesta armadura con destino al brocal de un poz (fig. E'), así como ocupándose en la construcción de capr choso armazón de vidriera... etc.; en todos estos objetos, aún en otros más, es en donde el herrero de la Edad Med demuestra los especiales dotes, y evidencía, que el arte d labrar el metal de Marte, ha llegado á su mayor altura, de



arrollándose con gran esplendor, en todas las esferas en que interviene.

La fig. E' representa una armadura de hierro forjado, trabajo del siglo XV y destinada para el brocal de un pozo, situado en el castillo de los duques de Bretaña á Nantes; estas armaduras tenían varias disposiciones, según fuera el emplazamiento del pozo, ó las circunstancias especiales de su situación. Así, si el pozo se encontraba aislado como en nuestro caso, entonces, los pilares que sostienen la armadura, venían generalmente aprisionados en la parte superior, por una suerte de corona, y sujetos también por piezas inclinadas curvilíneas, y de ellas pendían las distintas poleas. En ese caso, los pozos tenían gran diámetro y se dividían en su contorno en varios compartimentos, por medio de pilares de hierro que daban cuerpo á la armadura, terminando cada compartimento por un arco también de hierro de forma caprichosa, pero en general apuntado y de forma conopial.

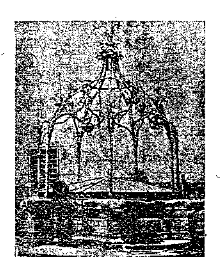


Figura E'

Mas si el pozo iba adosado en un muro, entonces la armadura se reducía á una ménsula ó brazo de palanca empotrada en el mismo muro, y aliviada por un tornapunta, también empotrado en el muro formando entre los dos, y otro hierro vertical que los enlazaba al ras del muro, un hueco triangular, cual se ocupaba por entendida ornamentación, calada y en plancha y también repujada, fijándose en ranuras convenientemente dispuestas en los hierros del contorno, ó bien remachados por el batido.

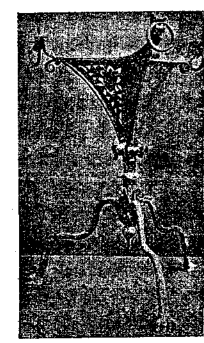


Figura F'

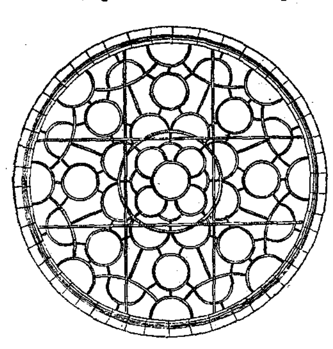
Tal sistema de decoración, en donde el hierro venía calado y cortado en plancha, era muy común entre los herreros de Italia, tal como podemos apreciar en el ejemplo que presentamos en la fig. F' que representa un trípode del siglo XV, perteneciente á la casa llamada de Santa Catalina en Siena.

Semejante disposición empleada para ocupar los distintos huecos que resultaban de la mutua colocación de los

hierros dentro la figura ó contorno general que habían de informar, era muy común en Italia, sobre todo empleándola en los trípodes, como el actual de nuestro ejemplo, cual se transporta de uno á otro lugar, por medio de anillos colgantes y asidos, según la tradición antigua, de las bocas de leones cuyas cabezas son terminales de las ramas horizontales del soporte. También en el tan celebrado museo de Cluny existe un trípode de análoga disposición.

79. **Armazones de vidrieras.**—La facilidad con que el herrero trabajaba el hierro, fuera cual fuese el asunto que tenía de desarrollar, hizo sin duda, que los arquitectos intentaran construir con hierro, los armazones que circundaban las aberturas luminosas, constituyendo las llamadas vidrieras.

Al finalizar el siglo XII, aun no se había recurrido al sistema de dividir el hueco de las ventanas, por aquella serie de compartimentos formados con piedra, y que originaron aquellos maineles y calados tan caprichosos y característicos de la época, y eso que las ventanas eran asaz rasgadas, atención hecha á que se construían de considerables anchos y alturas, eso mismo motivaría el que se intentara hacer más asequible el empleo de vidrios más manejables, y de reducidas dimensiones, subdividiendo al efecto al hueco del rompimiento, por varios compartimentos, formando combinados dibujos, por medio de barritas ó varillas de hierro, y todo encerrado en una armazón general, que se adaptara al propio contorno de la ventana.

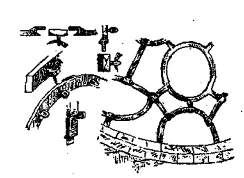

Figura G'

Al principio estas vidrieras eran sencillísimas, compuestas de simples encasillados, formados por el cruce de hierros verticales y horizontales, encerrando en sus cruces los distintos rectángulos, destinados para ser ocupados con los vidrios. Mas, bien pronto el trazado se fué complicando y se introdujo la línea curva en todas sus manifestaciones. Uno de los ejemplos más á propósito para hacernos cargo de los distintos enlaces de los hierros de vidrieras, es el que nos presta el rosetón de la iglesia de Ntra. Sra. de Dijon (fig. G') cuya obra pertenecía á la



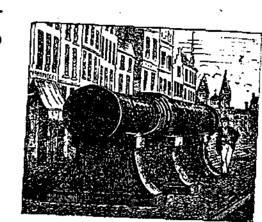
primera mitad del siglo XIII. Los compartimentos de estas vidrieras se prestan perfectamente para que luzca lo esplendente del color y de la brillantez de las pinturas sobre el vidrio.

El ensamble por otra parte de esas tiras de hierro, es por cierto bien sencillo, y se presta á ser colocado fácilmente, y ventajoso para cuándo haya necesidad de una restauración. Simples cajas y espigas, sin roblones, cuñas, pasadores, ni tornillos, pues que este último detalle no era aun conocido en el período de que aludimos. Los detalles de la fig. H' dan á comprender á simple vista esa clase de uniones. Los hierros forjados á simple mano; y sin el auxilio de cilindros, resultan bastante desiguales en su espesor, siendo su escuadría de 0'03 en su tabla, por 0'02 en su canto. Conforme á todas las armazones de este género, los lienzos de los vidrios se hacen fijos por medio de clavijas dispuestas como indica la fig. H'. Los refuerzos que reciben las espigas, se disponen como siempre al exterior, procurando de otra parte que el ras de todos los hierros coincidan en un mismo plano, equidistante de aquel en que se hallan situados los vidrios.

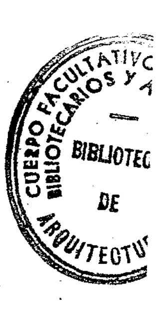

Figura H'

Se comprende como á mediados del siglo XIII, que se inició la introducción de los calados en los grandes ventanales, construídos con piedra labrada, perdiera ya su importancia el sistema de armazones de hierro.

80. **Cañones para la artillería.**—Mas, no sólo se empleaba tan importante metal en objetos de arte y esencial utilidad, sino que llegó un momento que se escogió también para que con él, pudieran construirse los aparatos ó instrumentos de mayor destrucción que hasta aquellas fechas se habían visto, esto es: los cañones. Con este fin notaremos el *tour de força* que se hizo en el siglo XV, y que fué un notable acontecimiento en los anales y empleo del hierro forjado.


Figura I'

En ese período, en la ciudad de Gante, se construyó con hierro forjado, un cañón gigantesco (fig. I') de 5 metros de



longitud, alcanzando su boca la medida de 1m de diámetro; su peso sube á 16,803 kilos.

Su construcción obedecía á la misma que se usaba con las escopetas de caza, esto es, por medio de láminas ó cintas de hierro que se arrollaban y superponían, soldándolas unas encima de otras, comunicándoles además gran resistencia, una serie de aros de hierro que las comprimían y apretaban fuertemente (1).

Por eso al inventarse la artillería, los Países Bajos, se encontraron mejor preparados que ningún otro país, para la construcción de bocas de fuego (2).

---

(1) Hablando el historiador Froissard, del sitio de Audenarde, por los ganteses en el año de 1382, dice lo siguiente del referido cañón Para asustar más á los de la guarnición de Audenarde, mandaron construir una bombarda maravillosamente grande, la cual tenía 53 pulgadas de boca y arrojaba piedras enormes y de mucho peso; y cuando se disparaba esta bombarda, se la oía á lo menos á cinco leguas á la redonda por el día, y por la noche á 10 leguas; y hacía tan gran ruído que parecía volaban por los alrededores todos los diablos del infierno.

Por lo que se desprende de este relato de Froissard, que la fundición no era todavía conocida, porque se lanzaban con estas bombardas balas de piedra ó barriles que contenían una mezcla de piedra, vidrio hierro. Pero si la invención, ó mejor dicho, la generalización de los conocimientos relativos á la fundición de balas, fué causa de que no se reprodujeran ya en Europa estos cañones enormes, resultó también que se perdió el arte de hacerlos tan voluminosos, y el célebre general Congreve, decía, que ni aun los más hábiles fabricantes de su patria, sabrían hacer una pieza semejante á la de que nos referimos.

(2) Una tradición popular alemana, atribuye al monje Bartol Schwartz la invención de los cañones y según ella, la ciudad de Friburgo fué aquella donde naciera el citado inventor, añadiendo que su muerte acaeció en 1364 En ese cuento ó fábula, pues no merece otra denominación, se dice, que en su invento tuvo por colega (pues le prestaba su concurso) á Rogelio Bacón, inglés, monje también é inventor de la pólvora, el cual vendió á los venecianos el secreto de la fabricación de aquel explosivo, y que aquéllos por no remunerarle la cantidad estipulada, lo encerraron en la cárcel. Finalmente, para llenar colmo de semejante dislate, continúa la leyenda, refiriendo como emperador Wenceslao, para castigar al monje Bacón, por haber descubierto elemento tan mortífero y destructor, lo condenó á ser víctima de su mismo invento, colocándolo sobre un barril lleno de la substancia explosiva, á la que se prendió fuego, lanzando al pobre fraile en espacio. Mas, ya hemos indicado no pasa dicha versión de ser una burda superchería, toda vez que, la pólvora si bien es cierto fué descubierta por el monje Ruggero Bacón como lo fué en el siglo XIII, pues aquel floreció en el intermedio de 1214 á 1294 y fué conocido en su época por el *doctor admirable*.



Mas, volviendo á nuestra bombarda ó cañón de Gante, cuyo se le conocía bajo el nombre de la *Marguerite Noir*, esta pieza es tal (1), que en su época hubo de parecer á quienes lo poseían, un maravilloso medio de acción contra las masas movibles de infantería ó contra los muros de las plazas fortificadas, el cual juzgarían más extraordinario aun los contemporáneos de las hachas de piedra y de los arcos de madera, lo que para nosotros no es más que una herramienta inútil. El cañón de bronce más pequeño, colocado en un yate se halla en mejores condiciones que aquel mastodonte de hierro de la edad pasada.

En efecto ¿qué comparaciones pudieran caber entre nues-

---

Lo que sí parece probable es que Schwartz diera mayor fuerza y dimensiones á los cañones, reforzando por medio de aros de hierro á las entonces llamadas *bombardas*.

También está fuera de toda duda. ser España la nación, en donde por primera vez se usó tal invento, comprobándolo la versión de la misma historia Según las crónicas del tiempo del rey de Aragón, llamado Alfonso el Batallador, éste hizo uso en el sitio de Zaragoza, que tuvo lugar en 1118; de una máquina tirada por muchos bueyes que despedía *truenos contra los muros*.

Núñez Vallarín, cronista de D. Alfonso XI, dice que en el sitio de Algeciras (1343), los moros *lanzaban pellas de fierro, con truenos de que los homes habían grande espanto, ca en cualquiera miembro del home que diere, levábalo cercan, como si lo cortasen con cochiello*,

Mas, aparte de esas citas, tenemos pruebas auténticas en el museo de artillería de Madrid. Entre otras, una especie de mortero que en el cerco de Madrid fué puesto por D. Alfonso VI en 1084, lanzaba por elevación piedras enormes Tiene cuatro pies de longitud y veinte pulgadas de diámetro en la boca. Su recámara es de menor diámetro que lo restante. Otros varios morteros hallados en Segovia y Burgos. Una bombarda de hierro del siglo XI, de nueve pulgadas de calibre, diez pies de longitud; esta pieza, cuyo uso data de la fecha antedicha tiene dos recámaras postizas, de dos pies de longitud, lo cual indica que se cargaba por la recámara. Varios otros ejemplos podríamos citar, mas creemos que bastan los enumerados.

Es de advertir que las piezas compuestas con barras de hierro soldadas, eran ya un progreso, pues las primitivas se construían de madera, siendo sólo de hierro los aros que las reforzaban análogamente del modo como se refuerzan los toneles

Mas, no tardó en idearse el medio de hacer piezas fundidas como las campanas.

(1) Todos los datos que siguen en este párrafo, son parafraseados de las atinadas consideraciones que sobre el particular hace en uno de sus opúsculos Mr. Calmette.

tros cañones modernos y los *falconetes*, *falcones*, *culebrinas* y *serpentinas* que emplearon las tropas de Luis XI, de Carlos el Temerario, de Carlos V, de Francisco I... etc? ¡de cuán difícil transporte, de cuán peligroso manejo serían aquellas armas pesadas y frágiles!

Y, sin embargo, aquellas bocas de fuego que conservan nuestros Museos respetuosamente como últimos vestigios de un pasado cada día mas remoto, ofrecían dos preciosas ventajas, tenían muy limitado alcance y, en campaña, más ruído que daños. Nuestros modernos cañones, por desgracia, tienden á lo contrario, y, gracias al progreso, consiguen destruir el máximum de existencia con el mínimum de ruído.

Progreso semejante puede hacer que se echen de menos las edades de ignorancia, durante las cuales no se sabía combatir sino arrojando piedras con la honda; puede sobre todo hacer que envidiemos las maravillosas épocas de paz universal que vieron nacer á los primeros hombres. Estos, para volverse malos, hubieron de multiplicarse indudablemente, pues, para batirse se necesitan dos por lo menos.

Pero estas lamentaciones son inútiles; los cañones que actualmente se construyen, parecen tan formidables á los pueblos que los poseen, que éstos vacilaran no poco tiempo hasta resolverse á ponerlos en uso.

Ha pasado la época en que los ejércitos italianos del siglo XIV, eran los únicos que estaban provistos de cañones, y gracias á ellos, podían vencer á los enemigos, á los cuales aterrorizaban las explosiones de pólvora; hoy, todas las naciones están provistas igualmente de ellos, y ya las guerras fueran de éxito demasiado problemático para arriesgarse á emprenderlas. Los jefes de los Estados europeos prefieren visitarse mutuamente y, al hacerlo así, no andan descaminados; tener grandes cañones es muy bueno, no emplearlos es mejor todavía.

Sólo América queda fuera de los acuerdos pacíficos sellados con tapones de Champagne; no porque el país de los dollars quiera hacernos la guerra, sino por lo difícil que es hacer desde allí el viaje en dos trenes, como hoy está en moda entre los soberanos.

Y, sin abrazar á nadie, la América fabrica cañones. Los vende dignos de todas las concepciones de ella, es decir, gigantescos, tanto, que los mismos americanos se admiran del último cañón construído en su país Este gigante de su especie, al ensayarse hace poco tiempo, dió maravillosos resultados de precisión y solidez.



Dicho cañón, con destino á la defensa de las costas, vale un millón nada menos. Mide 15'm11 de largo, es decir, la altura de una casa de cuatro pisos. ¿Quién, pues, se atreverá con tan formidable artificio que pesa 130,000 kilogramos y manda á 35 kilómetros, una granada de 1,087 kilogramos?

Quinientas ochenta libras de pólvora se necesitan para dar al proyectil su velocidad de 701 metros por segundo, velocidad muy grande en relación á las 2,174 libras del proyectil, pero muy débil, teniendo en cuenta que la luz recorre 55,000 leguas en un segundo.

Se comprende que el manejo de un cañón tan descomunal ha de ofrecer múltiples dificultades. En efecto, para ensayarlo, fué preciso sentar previamente verdaderos cimientos con betún y construir una armadura de madera para los cañoneros.

En el momento de cargar, 30 hombres llevan simultáneamente el proyectil á la cámara, y la pólvora, *nitrocelulosa* sin humo, está dividida en sacos de 50 kilogramos, que seis hombres llevan á cuestas y depositan en la cámara de la culata de acero como dejarían sacos de harina en la entrada de un molino.

¡Molino terrible aquel! Cuando marcha, salen de su boca 30 metros de llama, y el estallido de su voz despierta los ecos de las peñas y del mar. ¡Molino mortífero entre todos los de su especie!

Si la ciencia le admira por su perfección técnica, la humanidad debe hacerle enmudecer antes que hable demasiado fuerte y destruya vidas humanas, que no puede resucitar ingeniero alguno.

81. **Hornos en Silesia en el siglo XIV.**—En el año de 1365, se construyen en Silesia, grandes hornos para masas.

82. **Hornos en Inglaterra en el siglo XIV.**—En 1370 es notable por construirse en Inglaterra muchos hornos de reducción, y algunos de fundición, siendo éstos según opinión de Bocardo, los primeros que de esta se levantaron.

83. **Minas de hierro en Daunemores en el siglo XV.**—En 1488 las minas dc Daunemores son explotadas en grande escala, causando gran admiración en el mundo industrial, la cantidad de hierro que se extraía, hasta entonces desconocido tamaño aumento de producción.

84. Transición del bajo al alto horno. Etalage.— Con todos los procedimientos que se empleaban, desde las más remotas épocas, se obtenía indistintamente una mala calidad de hierro ó una especie de acero, y no se tenía seguridad de producir éste, siempre que se quisiera, siendo muy notable que semejante deficiencia no se subsanara hasta principios del siglo XVIII. á partir del cual, se llevó á feliz término en Inglaterra el método para corregir con seguridad el curso de las operaciones y llegar al feliz resultado.

Desarrollándose más y más la aplicación del hierro á toda clase de industria, los pedidos del material aumentan, y las entidades que tienen á su cargo, las fábricas de reducción del mineral, vienen obligadas á aumentar la producción, construyendo al efecto hornos de mayores dimensiones, produciendo tales medidas resultados beneficiosos, y por cierto que por lo inesperados pueden llamarse casuales; y que más adelante habían de proporcionar un nuevo desarrollo, así como nuevo empleo al material férreo.

Aumentando la altura del horno, es evidente que el mineral viene obligado á recorrer más camino, para efectuar el descenso, y eso lleva consigo que se halle más tiempo en contacto con el carbón, dando lugar á un grado de carburación más elevado, y como á consecuencia produciendo la fundación, compuesto metálico quizá desconocido en aquel entonces (1).

Desde el día en que la fundición fué el producto dado por

(1) Según Billon, la fusión del hierro al estado de carburo (Karsten) se descubrió en el siglo XV; pudiéndose obtener entonces más económica la fabricación del hierro; reconociéndose en principio que los hornos más elevados permitían obtener indiferentemente la fundición ó el hierro; la primera se obtenía haciendo que la masa metálica se mantuviera en fusión bajo un lecho de escorias; mientras que el hierro se lograba, por el contrario, aumentando la proporción del mineral á la del carbón, y haciendo que cayera con cuidado la capa de escorias que sobrenadaba.

Después de mucho tiempo, la práctica de los hechos hace comprender que los productos obtenidos se liquidan, tanto más fácilmente, cuanto más elevado es el horno, y la elevación de temperatura sigue siendo más continua, de aquí que se tratara pues de aumentar la altura de los hornos, para así facilitar mejor la combinación del hierro con el carburo, y obtener con ella el hierro más pronto fundido, necesitando con ello una temperatura de 1200°, al paso que se necesitan 1600° para fundirlo cuando se trata de hierro simplemente, esto es no combinado.



el horno; la operación del afinamiento debía constituir, otra completamente distinta, llevándose á cabo mediante hornos, útiles y procedimientos especiales. Mas á medida que crecía el horno en altura, no podía menos de experimentarse como sucedió, que la mayor masa ó apilamiento de material, retardaría ó haría más lenta la ascensión del viento, disminuyendo su energía y eficacia. De aquí que para obviar dicho inconveniente, se ideara la parte que se introdujo en el horno, llamada *Etalage*; destinada á soportar una parte del peso del mineral y del combustible, al mismo tiempo, que á facilitar la ascensión del viento, disminuyendo en el centro la presión de la masa. Al mismo tiempo que obrando así, se aseguraba la buena calidad del producto, y la regularidad de la operación, se perfeccionaban los aparatos soplantes, ya aumentando sus dimensiones, ya aprovechando el agua como motor para ponerlos en juego.

Hé aquí como modificado el horno de fusión, se convirtió en su conjunto, en lo que hoy se llama *alto horno*, excepción hecha de la dimensión del ancho; y en efecto, hasta la época mucho más reciente, en que el cok, vino á substituir al carbón de madera, el alto horno tenía raramente unos $4^{m}$'15 todo lo más de altura, por un ancho de $1^{m}$'380 ó sea diámetro en su mayor sección.

La fecha precisa, de que data la transformación de los bajos á los altos hornos, permanece aun hoy indecisa, aunque por otra parte, hay precedentes bastantes para creer que fué en los albores del siglo XVI; toda vez que en el siglo XVII, el arte del moldeo de la fundición había ya alcanzado un cierto grado de perfección, y en el reinado de Isabel de Inglaterra, la exportación de cañones de fundición hacia el continente, había desarrollado un comercio de alguna importancia.

Aun se descubren en los bosques de Dean, los restos de dos altos hornos, que habían pertenecido á la corona de Inglaterra, los que dejaron de prestar servicio, desde los comienzos de la lucha que sostuvo Carlos I con su parlamento (1).

(1) En 1627, Carlos I fomentó los primeros ensayos empleando la hulla, aunque no tuvieron éxito sino mucho más tarde, pero desde el momento que se pudo contar con un nuevo y abundante combustible; la industria metalúrgica se expansionó, quedando asegurada la prosecución y aumento progresivo de las numerosas producciones anuales que daban de sí, los manantiales hulleros.

Según la cantidad de escorias aglomeradas en torno de dichos hornos, y que parecen haber quedado intactas en el transcurso de los últimos siglos; Mr. Mushet, ha tratado de calcular, la fecha á que monta su construcción, concluyendo que deben datar del año 1550, época del reinado de Eduardo VI. Mas O'Relly asegura, que hacia mediados del siglo XV existían ya en Inglaterra, hornos capaces para producir de 40 á 50 quintales de hierro colado por día.

85. **Los Flusofen.**—En aquella misma época, existían en Francia, algunos hornos altos de los llamados en alemán *flusofen*, y muy poco después se elevó la altura, y se construyeron los verdaderos *altos hornos*, citándose como cierto el hecho, de que los ingleses fundieran ya cañones por aquel entonces.

86. **El primer cañón de fundición.**—El año 1543, Ralph Hoge construyó en Bucksteed (Inglaterra) el primer cañón de hierro fundido.

87. **El mineralogista francés Agrícola.**—En 1546, Agrícola uno de los más célebres autores de la metalurgia, y acaso el primero que escribió sobre dicha rama, dió á luz una obra importante con el título de *Re metálica*, describe en ella los hornos empleados en su tiempo para obtener el hierro, pero entonces, ni anteriormente, se había ocurrido á ninguno de los fundidores, aprovechar para el moldeo la masa flúida y metálica que obtenían; así, que, conociéndose el hecho de fundirse el hierro desde fechas las más remotas, no llegó á aprovecharse el hierro colado, hasta la mitad del siglo XVI.

Agrícola en su obra hace la descripción de tres clases de hornos: 1.° El catalán. 2.° El alemán, alto de 3 pies y 3 ° Los que denomina altos de seis pies.

88. **Fuelle de Sobsinger.**—En 1550, Haus Sobsinger, inventa un fuelle de madera, que pone en práctica en Nuremberg.

89. **Legislación en el siglo XVI en Inglaterra, sobre tala de bosques.**—En 1584 se publica en Inglaterra una legislación especial, vedando la tala de los bosques, protegiendo así, su conservación, en vista del peligro que corrían de

Según una estadística de Mr. Garnier, la Francia cousume anualmente 25 000,000 de toneladas de hulla, que es precisamente la cantidad de carbón vegetal, que su superficie entera plantada de árboles y explotada en cortar regulares podría suministrar.



desaparecer, por la mucha madera que de ellos se extraía, para convertirla en carbón, que alimentara los hornos metalúrgicos y eximiendo tan sólo de semejante prohibición, á los bosques de Sussex, todo lo cual fué bastante, para que disminuyeran los hornos de fusión en un 75 por ciento.

90. **Hornos de fundición en Harz. Siglo XVI.**—En el año de 1600, en los montes de Harz, constrúyense grandes hornos de fundición con una altura de 24 pies.

91. **Empleo del carbón fósil.**—En los años de 1612 y 1613, los fundidores Sturtevent y Rovenzon, obtienen respectivamente privilegio para emplear en la fusión del hierro el carbón fósil.

92. **Horno de reverbero.**—La producción del hierro era entonces muy elevada, y como el combustible empleado era exclusivamente carbón vegetal, los inmensos bosques que cubrían el suelo de la Gran Bretaña, se despoblaban con gran rapidez, sin que fuera bastante á evitarlo, las ordenanzas para su conservación. La consecuencia inmediata, era la muerte de la Siderurgia inglesa, y efectivamente hubiera tenido lugar este desastroso resultado, sino se hubiere acudido al empleo del carbón mineral, cuya primera idea fué debida al mecánico Simón Sturtevant. El privilegio concedido á éste en 1612 por Jacobo I, le fué relevado posteriormente y pasó á Juan Rovenza, á quien como ventaja de su procedimiento, sólo se ofreció un $\frac{1}{32}$ de los beneficios obtenidos en la fabricación. El mismo Rovenza construyó y usó en el mismo año un horno de reverbero (1).

93. **Gustavo Adolfo.**—En el año 1614 Gustavo Adolfo, introduce en Suecia los hornos alemanes.

94. **Dudley.**—En el año de 1619 Dudley, lord de Inglaterra, en vista de que los trabajos de su antecesor Rovenza se malograron, por causa de las condiciones onerosas con que había de trabajar, pidió y obtuvo un nuevo privilegio, en cuyos ensayos perdió su fortuna, á causa de estrellarse sus esfuerzos, por la mala voluntad de los demás fundidores, á quienes hacía una gran competencia. Lord Dudley empleaba

(1) Llámase así, cuando el horno está formado, por una cúpula construída de modo que reverberando la llama, adquiere el calor un grado extremado de intensidad que basta á fundir metales, derretir vidrios y otras operaciones químicas.

el cok y la producción era de 3 toneladas por semana. Las ventajas del carbón de piedra eran indudables, y sin embargo nuestro Dudley, permaneció olvidado en su invento durante casi un siglo.

95. **Producción de hierro forjado en las colonias inglesas.**—En 1622 se inauguran en las fábricas de las colonias inglesas las producciones de hierro forjado.

96. **La Trompa.**—En el año de 1640, aparece por primera vez en Italia *La Trompa*, un ingenioso aparato de fuelles por medio del cual, el aire es impelido por una corriente de agua; este aparato se importó en los Pirineos en el año 1700.

97. **Los Blatt-fournaces.**—En 1674 los hornos llamados por los ingleses *blatt-fournaces*, producían la cantidad considerable de 8 toneladas de hierro por semana.

98. **Altos hornos en el Ural.**—En 1701, Pedro el Grande, secundado por Demidoff, estableció altos hornos en el Ural, cuya altura alcanzaba á 45 pies.

99. **Harbourg.**—En 1720 Juan Harbourg descubre el procedimiento para obtener grandes láminas de hierro.

100. **Reaumur.**—En 1722 Reaumur explica la fabricación del acero por cementación (1).

101. **Darby.**—En 1735 Abraham Darby introduce el nuevo procedimiento del infortunado Dudley generalizándolo y empleándolo en un horno de Colebrookdale en el condado de Shrop.

102. **Smeaton, Hinstman.**—En 1760 Smeaton, construye los primeros cilindros de fundición; en este mismo año Hinstman inventa el acero fundido.

103. **Watt.**—En 1769 se introduce la máquina de Watt y desde este instante; el empleo del vapor constituye con ventaja y sobrepuja al empleo del agua como motor, al mismo tiempo vencía en sus efectos á las Crawley y Newcommen

104. **Cort.**—En 1784 los métodos empleados hasta esta época para el afino del hierro colado, eran aun costosos y difíciles; con ello empezaron á hacerse ensayos para verificar

(1) *Cementación.*—Es la operación por la cual se modifica un cuerpo, con el auxilio del calor, y de una substancia en polvo que lleva el nombre de cemento. Particularizando esta operación, para con respecto al hierro; es la operación por medio de la cual, se transforma el hierro en acero, haciéndole absorber una proporción determinada de carbono.



lo en hornos de reverbero: Juan Paine fué el primero que anunció esta idea, llevada á feliz término 17 años después por Enrique Cort, inventor del *pudelage* (1) en reverberos y á quien debe la Inglaterra el haber podido dejar de importar á Rusia y Suecia, una enorme cantidad de hierro dulce.

A medida que en Inglaterra se iban extendiendo los hornos alimentados con carbón mineral, se iban apagando los que trabajaban con carbón vegetal; verdaderamente el inventor del pudelage fué Occions, aunque después perfeccionó el invento el ya referido Cort, el cual, llevó el afino por pudelage, obteniendo el mismo resultado, que en la forja catalana sin mas que sustituir, el crisol de esta última por un horno, en el cual, el combustible no está en contacto con el hierro (como lo está en la forja catalana); y si, solo; la llama toca al dicho metal.

105. **Homfray.**—En 1786 Homfray perfecciona el afinamiento.

106. **Lucas.**—En 1791 Lucas obtiene el acero fundido directamente de retorta.

107. **Empleo del Cok.**—Hasta á fines del siglo XVIII no se llegó á emplear comúnmente el *Cok* para la fabricación de fundiciones. La hulla bajo esta última forma, produce un combustible denso, tenaz y menos susceptible que ninguno de mantenerse sin rotura en el alto horno desarrollando al mismo tiempo un gran calor. (Es el *coque*, el producto de la destilación en vasos cerrados de algunas hullas, siendo la cantidad de *coque* que aquéllas producen variable, según la naturaleza del combustible entre 51 á 88 por ciento, cuando las antracitas dan de 89 á 91).

108. **Aubertit.**—En 1814 Aubertit utiliza el gas residuo de los altos hornos, cuyas ventajas se aprovecharon en el año de 1826, estos gases son combustibles, en virtud del óxido de carbono que contienen, al principio no se pensó en utilizarlos y se perdían en la atmósfera. Se recogieron pues semejantes gases, adoptando para ello varias disposiciones.

(1) *Pudleo.*—Nombre derivado del inglés *Puddling* que significa *afino* de la fundición.

*Puddler*, es un vocablo inglés que deriva del verbo *te puddler*, que significa agitar; remover fuerte y velozmente, cuya operación es la que se efectúa, con la masa líquida del metal, el que viene agitado de un modo continuo, siendo ello la característica esencial de semejante trabajo, de afinamiento en el horno de reverbero.

En una de ellas se practican aberturas, en la mampostería, para comunicar con un espacio anular, y los gases siguen este camino, para ser recogidos por un tubo de metal.

109. **Crane, Nelsson, Clay, Heath y Nasmith.**—En 1836 Grane usa la antracita en Galles.

En 1828 Beaumont Nelsson, ideó la aplicación del viento caliente en los hornos altos y pidió para ello un privilegio, no obstante no haber presentado aparatos especiales para la calefacción del aire. Sin embargo los aparatos se inventaron pronto y las ventajas del nuevo procedimiento fueron tales que no sólo se obtenía en igualdad de tiempo un 50 por ciento más de hierro colado, que con el aire frío, sino que también los gastos disminuían en la proporción del 50 por ciento, mejorando notablemente la calidad del producto.

En 1837 Williams Clay, obtuvo un nuevo privilegio, para fabricar un hierro dulce, por medio de los minerales tratados directamente en un horno de reverbero; los ensayos no dieron buen resultado; el hierro obtenido era de mala calidad

En cambio este ensayo, hecho después por Renton, fué favorable, en cuyas fábricas se empezaba por reducir las masas en una especie de muflas colocadas sobre la bóveda de los hornos de pudelar y se pasaban después á la plaza de los mismos, para darles la temperatura conveniente al forjado.

En 1839 Heath inventa el uso del manganeso en la manufactura del acero.

En 1842 Nasmyth, inventa el mazo movido á vapor.

Después se ensayó en Francia el procedimiento de Cheno que consiste en la producción del hierro al estado de esponja reduciendo la masa por medio de una corriente de óxido de carbono, procedimiento usado en algunas localidades del extranjero y en la fábrica de Baracaldo en Vizcaya.

110. **Bessemer.**—A pesar de haberse adelantado tanto en la metalurgia del hierro, con los procedimientos que hasta aquí hemos ligeramente apuntado, resultó de todos modos que eran, aun algo deficientes los resultados y operaciones referentes á la obtención del hierro dulce en los altos hornos lo propio que en la fabricación del acero, cuyo habiendo de obtenerse por cementación y por fusión, no era dable lograr la fabricación de objetos de grandes dimensiones, sino que tampoco lo que se producía no podía obtenerse sino á pre-



cios relativamente elevados. Precisamente á combatir de un modo muy principal esta última contrariedad, y al de afinar por completo y convertir en buen acero cualquier clase de hierro fundido, fué la idea que persiguió con su invento el ingenioso autor Bessemer; aunque esta segunda parte no se lograra resolver en absoluto, máxime cuando se trata de fundiciones ordinarias; las cuales contienen en cantidades más ó menos considerables, el fósforo y azufre, substancias que parece se resisten á abandonar su presa, á pesar de las altas temperaturas, de las impetuosas corrientes de aire inyectado, del empleo del vapor, del hidrógeno, de los silicatos de hierro y de magneso y de tantos otros ensayos que sería prolijo enumerar.

Bessemer, ingeniero inglés, de origen bretón, nació el año 1810; aunque había dado á conocer muchos inventos mecánicos bastante notables, su nombre era sin embargo, muy poco conocido, mas no tardó en adquirirlo en toda Europa, por su nuevo método de producción del acero, y descarburación del hierro fundido, pues así efectuada esta última operación, es cuando se logra obtener buen hierro forjado; al hacer con su procedimiento que el carbono de la fundición, venga á ser quemado, con el auxilio del oxígeno que lleva consigo al aire que se hace actuar sobre la fundición.

Semejante procedimiento, ya una vez puesto en práctica, orilló gran número de dificultades que se experimentaban con los sistemas anteriores, y en cambio proporcionaba ventajas muy dignas de tener en cuenta, siendo una de ellas, según ya se ha indicado, el obtener mayores rendimientos en la producción, y así poder dar cumplimiento al cuantioso número de pedidos que ya en aquella época se hacían, por haber tomado gran incremento y desarrollo, la industria del metal férreo, y de tal modo, que ya casi no podían satisfacerse tales demandas, con los solos procedimientos que hasta entonces se conocían.

Además, el pudelaje por el procedimiento de Cort, si bien proporcionó un adelanto y ventajas manifiestas; en cambio tenía el grave inconveniente de ser un trabajo molesto y penosísimo para el pobre obrero encargado de la manipulación, expuesto largo tiempo al gran calor y llamas que se desprendían del foco generador.

Con el sistema Bessemer, se acelera la operación, se ahorra combustible, las corrientes de aire que emplea, no dan

humo, y convenientemente dirigidas hacen girar al metal fun dido que presenta todas sus partes á la acción de la llama y le empujan á la salida una vez terminada la operación; cor ello no es necesario ningún trabajador que revuelva la masa ésta se voltea por la simple acción mecánica del viento, y la conversión del metal fundido, en hierro maleable es cuestión de pocos momentos: escasamente veinte minutos.

En 17 de octubre del año 1856, Bessemer obtuvo el prime privilegio de su ingenioso invento cual era: *Lanzar corrientes de aire, ó de vapor de agua al través de un baño d fundición*.

Grandes contrariedades sobrevinieron al autor, suscita das por muchas entidades tanto prácticas como científicas, muchas de ellas de valía, cuales no podían avenirse, con se mejante proceder, en donde se acudía al aire y al vapor d agua, cuyos efectos habían de ser tan distintos *á primer vista*, para con respecto al fin que se perseguía.

Y en efecto *de momento*, acude á la mente, el ser retro activo el procedimiento Bessemer, pues considerando la ma yor parte de los fenómenos que sobre este particular está relacionados, con la operación que propone el autor; aque llos indican que una corriente de aire lanzada sobre una mas de agua caliente, lo que hace es enfriarla ó cuando menc templarla, cuyo hecho sería igualmente admisible, para nues tro baño de fundición, en el caso que se encontrara en la mismas condiciones que la masa de agua caliente consid rada.

Mas si en lugar del agua caliente, echamos mano de u fogón con elemento combustible, y lanzamos sobre él, gra des ráfagas de viento impelidas con gran velocidad, ento ces, no hay duda, que lejos de enfriarse la temperatura de arrollada anteriormente, irá considerablemente en aument activando sin cesar la combustión.

Así pues, una corriente de aire, si bien es cierto, tiene e general una acción refrigerante, ésta deja de tener tamañ propiedad en el caso que haya combustión, y precisamen los hechos y distintas experiencias, han venido á demostra que un baño de fundición, se encuentra en el mismo caso qu un combustible.

Tal procedimiento, puesto ya en feliz práctica, proporci nó resultados sorprendentes por lo inesperados, y sobre to por la economía, que de él se obtiene; y en efecto, con él 1



se logra tan sólo quemar el exceso de carbón, sino que también se consigue, hacer lo mismo con el silicio; esta impureza, antes tan incómoda y nociva, se convierte aquí en elemento utilitario, esto es, en un combustible de primera fuerza, uniéndose al oxígeno aun más pronto que el mismo carbono, aumentando con ello la intensidad del calor, puesto que al quemarse, lo propio que el manganeso, desarrollan más alta temperatura que el combustible natural, cual es el carbón.

Insistiendo pues en el principio fundamental de procedimiento, podemos aun discurrir, observando que éste es sencillísimo en extremo. Estriba pues en la alta temperatura que se desarrolla, en virtud de las acciones químicas que tienen lugar, al lanzar el viento con impetuosidad, á través de la masa de fundición.

Todos recordamos el experimento de Ingenoux, que ordinariamente se practica en las clases de Química, cuando se somete á la combustión, un alambre de hierro doblado en espiral, encerrado en un frasco de boca ancha y lleno de oxígeno, teniendo la precaución de dejar en el fondo del frasco una capa de agua, á fin de evitar su rotura, por los globulillos candentes que descienden. Al verificarse pues la combustión, se desprenden esos pequeños globulillos de óxido de hierro, cuales incandescentes tienen tal grado de calor, que alcanzan á atravesar la capa de agua fría mentada, y no paran hasta llegar á incrustarse, en la misma pared vítrea del fondo del frasco.

La razón de la alta temperatura es por otra parte de fácil explicación: el hierro al quemarse, desarrolla, lo propio que lo hace el carbono y el hidrógeno una temperatura elevada; pero el producto de la combustión del hierro, siendo un cuerpo sólido, todo el calor desarrollado en semejantes circunstancias se acumula en dicho producto; mientras que el que resulta de la combustión del carbono (óxido de carbono y ácido carbónico, y aun también el del hidrógeno, vapor de agua), siendo cuerpos gaseosos, una gran parte del calor desarrollado, se hace latente, manteniéndose con ello semejante producto al estado de gas y de vapor.

Con estos precedentes, hagámonos ahora cargo de lo que sucede, cuando se lanza una corriente de aire con ímpetu, inyectándola en la masa líquida de la fundición. Los elementos con que ésta cuenta, son varios, el carbono, el silicio y sobre

todo el hierro, pasando todos ellos por una verdadera combustión, de ella resulta óxido de carbono, de sílice, y una excedencia de óxido de carbono.

El calor producido por semejante combustión, se acumula en el metal fundido, así como en la escoria que se ha producido, y con ello el grado de temperatura ha crecido de una manera prodigiosa, activando más y más la combustión, de ello dimana luego una violenta reacción, entre los productos oxidados y la parte de fundición no oxidada, en virtud de lo cual en el intervalo de veinte minutos, queda esta última afinada y convertida en hierro.

Precisa sin embargo advertir, que la fundición se halla primero en el alto horno en donde ha venido á dicho estado, y luego se la saca de dicho alto horno, vertiéndola inmediatamente en un *convertidor*, cuyo, consiste, en una gran retorta de chapa, guarnecida interiormente de una envoltura refractaria; y movible alrededor de un eje horizontal situado á la mitad de su altura; la forma de esta retorta, afecta aproximadamente la de un cuerpo de revolución con tendencia á la figura de un elipsoide y mejor oval; véase la fig. J' que representa una instalación de este género.

Hacia la parte inferior de este aparato, hay un receptáculo, que se comunica con el interior, por medio de una serie de pequeños tubos, introdúcese ahora en esta retorta, el viento, lanzado por una máquina sopladora, conducido por dichos tubos y después penetrando por uno de los ejes mismos, en los quicios que la sostienen, que están huecos y comunican con la base del aparato por el intermedio de un espacio anular y de un tubo.

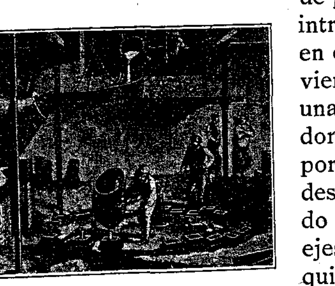


Figura J'

Cuando quiere empezarse la operación, se calienta previamente el interior de la retorta por medio de la hulla, hasta obtener una temperatura muy elevada, echando siempre mano del aire que envían los tubos sopladores. Se procede



luego á desalojar de dicha retorta, las cenizas y carbón que haya quedado de la operación anterior, para lo cual se vuelve la retorta boca abajo, y aquellos residuos van prontamente saliendo; ya una vez esto conseguido, se coloca la retorta en la posición apropósito, para poder recibir por su gollete ó abertura, la carga de fundición líquida que está destinada á convertirse en hierro ó acero, esta posición la representa precisamente la fig. J' siendo de advertir que el hierro fundido, llega según antes se ha dicho del alto horno, ó de la solera de un horno de reverbero, ó ya también del crisol de un cubilete; mas como la posición horizontal, que ha sido preciso dar al aparato, para cargarlo, no se avendría para la operación de *dar viento*, toda vez que las embocaduras de los tubos que lo conducen, se encontrarían en la parte superior del lomo de la retorta, cuyo lomo precisamente es el sitio en donde se ha acumulado la fundición líquida, cual directamente ha de recibir el aire de los tubos; de aquí que se mueva otra vez la retorta, enderezándola y colocándola vertical, pues entonces, sí, que el metal fundido irá á posarse en la superficie misma, en que desembocan los tubos por donde hace su ingreso el viento. En semejante disposición, se lanza el viento con una presión de dos atmósferas, cual atraviesa impetuosamente la masa líquida; y en su movimiento la voltea, y revuelve, braceándola mucho mejor, y desarrollando más energía, como no lo haría el relativo débil brazo del hombre. Empieza pues con ello, en lo interno de la retorta, una de las más enérgicas reacciones conocidas; al principio se quema el silicio por la mayor afinidad que tiene con él, el oxígeno del aire, y así se convierte en ácido silícico, mientras que las escorias se acusan por chispas brillantes, fuera del aparato, desprendiéndose por el gollete una corriente de gas casi sin llamas.

Viene en pos la combustión del carbón, mientras el ácido silícico, combinándose con el óxido de hierro, producido por la combustión de una pequeña parte de hierro metálico, engendra una escoria que favorece la purificación del metal, entonces la llama que sale del gollete del aparato, aumenta sin cesar, hasta ser deslumbradora, también crece de un modo inusitado la temperatura: el grado excesivamente elevado de ésta, lo rápido de la combustión, lo violento de la ebullición, los cambios, de color é intensidad de la llama, y lo chispeante de la misma, vienen á ser y débense considerar como se-

ñales indicadoras para el operador, para el conocimiento de las varias fases en que se halla el proceso del afinamiento, así como el momento preciso en que dé por terminada semejante operación. Bessemer aconseja, debe terminarse la operación de afinamento, una vez sean ya quemados ó eliminados los cuerpos nocivos que lleva consigo la fundición. Pero es muy difícil reconocer el supremo momento que tal acontece, y para obrar dicho inconveniente, lo que se hace, es quemar todos los metaloides contenidos en la fundición, conforme se hace para obtener el *hierro dulce;* y una vez esto efectuado, se obtiene el *acero Bessemer*, añadiendo á la masa líquida una cierta cantidad de fundición, cuya proporción y efectos que produce, se sabe ya prácticamente en virtud de operaciones anteriores.

Para los distintos períodos de la operaeión, se tiene en cuenta que la llama aparece en su primer color, por el *rojo violáceo*, luego y por gradaciones se cambia en *anaranjado*, concluyendo finalmente con el *blanco*, en cuyo estado, es de tal potencia la iluminación que se desprende, que llega á ofuscar por completo la luz natural difusa, que proviene del exterior del edificio, en cuyo interior se opera. Las chispas al principio son largas y extendidas, mas luego van reduciéndose, poco á poco, hasta á ser puntos azulados, esto y la delgadez á que viene á concluir la llama, pueden dar indicios para señalar que la operación ha terminado, deteniéndose la marcha de las operaciones, pues de no, se malograría la carga que se ha trabajado; entonces es cuando se invierte la retorta, se detiene el viento, y millares de kilógramos de hierro líquido se depositan en las lingoteras; la operación ha durado tan sólo veinte minutos.

**111. Thomas.**—Uno de los cargos que se achacaban al sistema Bessemer, era la impotencia, para quitar del hierro, el azufre y el fósforo, dado que los contuviera, y tanto es así, que habiéndolo reconocido finalmente el autor, apesar de las tentativas que hizo para el desaloje de dichos cuerpos, resolvió al fin, escoger fundiciones especiales, que no contuvieran aquellos componentes; éstas las encontró en Suecia é Italia; en la procedente de la primera, se distingue el producto por su pureza, mientras que la segunda es notable por el manganeso que lleva consigo. Regularmente el procedimiento Bessemer, se aplica tan sólo para la obtención del acero, pues considerándolo bajo el punto de vista del *hierro simplemente* con este sistema de afino se logra no más un hierro crudo y las más de las veces quemado.



Mas, afortunadamente Thomas dió solución al problema no resuelto por Bessemer, cual era la extracción del fósforo y azufre, con sólo cambiar el revestimento del convertidor, substituyendo el anterior, que era de cuarzo, por otro compuesto de un carbonato doble de cal y magnesia, cuyo se opone á la descomposición del ácido fosfórico, toda vez que éste era absorbido por las mismas bases del revestimento, produciendo fosfatos que pasaban á la escoria. Hé aquí porque empleando este procedimiento, puede emplearse el hierro rico en fósforo, produciendo esta calidad una fundición blanca.

**112. Dancks y el pudelage.**—Tuvo por principal motivo el procedimiento de Dancks, el evitar las muchas incomodidades que habían de experimentar los trabajadores, y los sufrimientos á que sin cesar están expuestos, al voltear y remover la fundición á simple *brazo de hombre*; *braceando la fundición*, como suele así llamarse; se trató pues de substituir el pudleo á brazo por otro mecánico automático. También se evitó con semejante proceder, la perturbación que se causaba en las oficinas ó talleres; con las huelgas que sin cesar concitaban los *pudeladores*, creciendo muchas veces sus exigencias, por la seguridad que tenían de ser sus servicios imprescindibles.

En todo rigor, el autor de semejante sistema, ó por mejor decir, el iniciador fué Menelaus, el cual fué el primero que se sirvió de un horno á rotación, mas sus ensayos, no tuvieron el éxito que se esperaba, á causa de no estar acertado en el revestimento ó forro interno del horno, cuyas substancias de que se valió, no respondieron al resultado que aguardaba su autor; amén de que, el armazón exterior de dicho horno, resultó ser también deficiente, para recibir los golpes y embates continuos de la pesada mole de hierro que se revolvía en dicho interior.

Vino pues luego Dancks, y perfeccionando el sistema, vistos ya los defectos que adolecía el horno de Menelaus, adoptó por el forro de revestimento interior, minerales ferruginosos, ricos en metal, escogiendo definitivamente el muy apreciado mineral americano llamado *iron mountain* (hierro de las montañas), cuyos yacimientos se extienden con gran abuncia á lo largo del Missouri.

El primer ensayo que hizo Dancks de su *horno de rotación*, fué en el año de 1868, y posteriormente en 1871, lo presentó á la sociedad *Irond-and steel Institute*, la cual lo recibió satisfactoriamente, emitiendo luego un informe muy laudatorio para el ilustrado é ingenioso autor.

Por lo demás, el afino se verifica dentro de un horno de reverbero, cuyo laboratorio es un cilindro horizontal, terminado en sus extremos ó bocas por dos troncos de cono, cuyas bases mayores tienden al exterior de dicha cámara, ésta, cuya según se ha dicho, es cilíndrica, gira alrededor de un eje, y se halla forrada interiormente del modo como antes se ha indicado, y finalmente todo el aparejo se había reforzado con una suerte de armaduras y nerviosidades, que le defienden de los golpes y percusiones tan frecuentes que recibe, y que se desarrollan por las reacciones que tienen lugar en lo interno del laboratorio girante.

**113. Martín-Siemens.**—Hé aquí dos apellidos distintos, cuales denominan dos entidades muy celebradas, dentro los anales de la industria metalúrgica, especialmente la del hierro; y á las cuales, bien decirse puede, se debe la última palabra, en la serie de progresivos adelantos, de los sistemas de afino y obtención de los aceros. Ahora bien, los trabajos realizados por estos dos autores, son tales, que vienen á completarse recíprocamente, de modo que combinándolos en feliz consorcio, vienen á constituir un nuevo procedimiento, y en él existe la idea de Martín, así como en él persevera la de Siemens; así forman *dos en uno*, que da nombre; el de *Martín-Siemens*.

La primera parte del procedimiento, es original de los hermanos *Martín*, y consiste en llevar á cabo la fusión de la fundición en un horno de reverbero, sobre el palastro y en medio de la llama.

Luego *Siemens* mejoró notablemente el sistema, con la especial calefacción que introdujo en él, valiéndose del *gasógeno*, esto es la cámara, donde el combustible sólido se cambia en gas (este detalle, se debe verdaderamente á Ebelmen, datando su invento del año 1840), además introdujo también el recuperador que lleva su nombre, y así es conocido por *recuperador Siemens*; así es que bien puede asegurarse, que la aplicación industrial de la idea primitiva de Martín, se debe á Siemens. Su sistema de calefacción, consiste en principio, en transformar los combustibles, en gas óxido de carbono, en calentar este gas; así como el aire destinado á hacerle arder hasta una alta temperatura, y en operar entónces la combustión. Mas lo esencial de tal sistema, es de resultar muy económica la calefacción del gas y del aire, pues ésta se verifica á expensas del calor considerable que conservan todavía los gases quemados en el momento que salen del horno para pasar á la chimenea; además con semejante horno, se logran grandes temperaturas, como no les era dado alcanzar, con los demás hornos alimentados con combustibles sólidos, y estas temperaturas son de tal entidad, que permiten también fundir grandes masas de materia, á veces 30 ó 40 toneladas, mas en general los hornos empleados pueden contener de 10 á 12 toneladas, sin querer por esto significar, que no se construyan hornos de menores y mayores dimensiones.



La fundición, puede introducirse en el horno, ya fría ó caliente; esta última, para cuando se trate de obtener aceros, de calidad muy superior, y para ello, se calienta previamente la fundición en un horno llamado de *recalentar*. Ya iniciándose la fusión se la mezclan trozos de hierro viejo, inútiles, lo cual no perturba la operación, y semejante modo de hacer, es tanto más notable, en cuanto que *Martín* hizo notar, poniendo como suele decirse las tildes sobre las *íes*, que el hierro viejo no llevaba consigo carbono, lo cual nos manifiesta que empleando el *hierro viejo*, hüelgan las grandes instalaciones y máquinas sopladoras, bastando tan sólo el horno de *Martín Siemens*, y con esto queda evidenciado que el horno de reverbero, con gasógeno y recuperador, es uno de los adelantos más notables y de más transcendencia que se han alcanzado, dentro la industria de la afinación del hierro, pues resulta ser más asequible para los industriales y fabricantes que no cuenten con capitales de relativa cuantía, y á los cuales no es dable levantar grandes instalaciones, como se hacen necesarias al adoptar los procedimientos anteriores, que de mucho no son tan *económicos* y *seguros*, como el que reporta el horno Martín-Siemens, pues dada la lentitud de la operación, es más fácil darse cuenta en todos los momentos, de la marcha y lo progresivo de su trabajo; es por lo tanto, muy cómodo, pues además de permitir de poder operar en menos escala, se presta por otra parte, á expansionar el trabajo, á medida que las necesidades lo reclamen.

Finalmente, esta clase de hornos con revestimento bárico, cabe en su empleo toda suerte de operaciones practicadas,

anteriormente, aun aquellas en que se pretenda desfosforar el hierro.

114. **Resumen de los períodos notables en la industria metalúrgica.**—En suma, los períodos culminantes de la evolución de la industria metalúrgica, son principalmente los siguientes:

1.° Empleo de las *corrientes de aire* en los hornos, con objeto de acelerar la combustión.

2.° Empleo del *carbón fósil*, para operar la reducción.

3.° Introducción de la *máquina á vapor*, ya por el agotamiento del agua, ya para la extracción del mineral, ya para alimentar los hornos con corrientes de volumen y regularidades grandes y constantes, y ya finalmente, como á motor, para poner en movimiento los grandes aparejos que son necesarios y que se sirve la forja.

4.° Introducción de los métodos de afinamiento, mediante los *hornos de reverbero*, ó sea el método de *Pudelage.*

5° Introducción de los procedimientos fundados en el empleo del *agua caliente*, mediante el cual se han podido tratar minerales que se habían considerado como irreducibles, y hasta se pudo substituir el carbón fósil al cok, por lo que quedó aumentada considerablemente la producción del hierro.

6.° Introducción del horno Martín-Siemens, por el cual pudo darse más desarrollo á las operaciones, haciéndolas más asequibles para los industriales, que habían de trabajar con relativos pequeños capitales.

Tal es hoy el estado de la Metalurgia de este importante elemento de la civilización y de la industria, desde la modesta forja catalana, tan sencilla casi como los aparatos usados en los tiempos prehistóricos, hasta la retorta de Bessemer, y los hornos de Dancks, casi todos los aparatos ideados en las diversas épocas, para su fabricación se mantienen en actividad en unos ó en otros países, y lanzan al comercio inmensas cantidades de productos, á los cuales se les asigna cada día nuevos y más útiles empleos.

Réstanos para completar este bosquejo histórico, pasar en revista aunque sea á vuela pluma, la suerte de trabajos que se han practicado en la época contemporánea, aprovechando los grandes adelantos y ventajas, que ofrecía especialmente á las construcciones, el nunca bien ponderado metal de que tratamos.



115. **El siglo del hierro.**—Se dió en llamar el siglo XIX, siglo de las luces, y en verdad, que más cuadrado le hubiera la calificación del siglo del hierro, pues del hierro dimanaron aquéllas, con el gran número de inventos utilísimos á la vida de los pueblos, y sorprendentes maravillas de que jamás hubiéramos podido gozar, ni el ingenio de los hombres producir, de no contar, ni tener á mano en abundancia, tan importante metal, y esto tanto más de notar, en cuanto semejantes creaciones fueron sucediéndose en el mismo siglo, unas en pos de otras, no dando casi tiempo á compás de relativa espera, como si ellas acumuladas y encerradas por mucho tiempo en estrecho recinto, semejante á aquellos gases que acumulados en pequeña retorta, y no teniendo ésta resistencia suficiente, para resistir su presión, se rompe por fin, expansionándose aquéllos con toda libertad. Y en efecto así fué, pues una vez llegado el momento de que la metalurgia del hierro, había alcanzado la altura suficiente, para desprender el lastre que hasta entonces la tenía cohibida, se expansionó también, proporcionando ella todos los medios y elementos principales, á los grandes talentos, para que de ellos surgieran soluciones felices, que hasta habían de transcender á la riqueza y bienestar de las naciones.

La metalurgia del hierro hace escasamente un siglo, se valía de métodos empíricos; entonces las buenas cualidades del metal, parecían depender de la riqueza de los minerales que lo contenían, y así se extraía de los minerales anhidros diseminados en filones, tales como el hierro espático (carbonato de hierro), el hierro oligisto, la ematita roja (sesquióxido de hierro), el óxido magnético por el que se obtienen los aceros. Mas desde el momento que la ciencia hubo proporcionado y facilitado largamente la afinación del metal, sea cual fuese su procedencia pará con respecto al mineral que lo envuelve, entonces pudieron explotarse con ventaja los minerales hidratados, dispuestos por capas en los terrenos sedimentarios, su explotación produjo cantidades considerables del mineral y con ellas se pudo dar cumplimiento, á las nuevas v continuas necesidades que se iban creando, con la serie de inventos industriales, siendo unas consecuencia y como hijas de las otras; mas por otra parte, no escaseando ya el metal, como sucedía en épocas anteriores, y derramándolo en prodigiosa cantidad, las inmensas producciones que salen de los altos hornos y de los de afinación, ha hecho apa-

rezca en todos los mercados á precios relativamente económicos, comparados con los que rigen á otros materiales á quienes se ha substituído con el hierro, de aquí, que éste venga á ser un importante elemento preferido por su bondad, duración y economía, desarrollándose así muchos trabajos de grande y pequeña escala, y hasta aquellos que trascienden á objetos usuales de servicios ordinarios del común vivir; todo lo cual ha traído consigo la extensión en más ancho campo de las artes del herrero y cerrajero, por tener que seguir rumbo paralelo, con los derroteros emprendidos por los conocimientos humanos, guiados por la ciencia mecánica por una parte y de otra con el genio del artista.

Es verdaderamente prodigioso, el número y entidad de los resultados obtenidos con ese especial y favorecido metal, que cual nuevo Proteo dejase doblegar y transformar de mil maneras, adquiriendo vistosas y elegantes formas, ora adelgazándolo en tenue y simple alambre de telégrafo, para servir de guía al sin par agente, que instantáneamente nos comunica las noticias deseadas, sin parar mientes en la gran distancia que hay que salvar, sea ésta si se quiere de uno á otro polo; ora es el macizo y grueso cañón, destinado á sembrar la muerte por doquier, en pro de la defensa de una plaza ó del ejército que le conduce; ya se asienta sobre sólido terreno en forma de prolongadas barras, constituyendo cual nuevas rectas ó sinuosas cintas entrelazadas, que cubren la superficie de gran parte del globo terráqueo, y con ello tenemos los rails ó rieles de ferrocarril, y con su auxilio somos conducidos á los distintos puntos que convengan, cruzando distancias, con velocidad vertiginosa, pues estos interminables rails, son el derrotero señalado, al vehículo, la locomotora obra también de hierro; de hierro son los organismos de nuestras manufacturas, y ellas son puestas en movimiento por máquinas de vapor, igualmente construídas con el propio metal.

Las pequeñas industrias no lo emplean y necesitan menos para pregresar y poder obtener con él los instrumentos cortantes, cuchillos, tijeras, armas, útiles, correspondientes á los distintos oficios, albañil, carpintero, para la agricultura, para instrumentos de cirugía... etc., todos son fabricados también, teniendo como á principal elemento el hierro; y si de todas estas ramas tan principales, útiles y necesarias á la vida de las sociedades, trasladamos nuestra vista al campo de las cons-



trucciones, allí no serán menores los precedentes, los maravillosos servicios que dicho metal ha practicado, pues gracias á él, podemos cubrir grandes espacios, despejados, sin puntos de apoyo intermedios, ó cuando nó, en su menor número posible y eso, ocupando cada uno un espacio muy insignificante, haciéndose así posible los grandes mercados, esas grandes é inmensas galerías para exposiciones, esas sorprendentes estaciones de caminos de hierro... etc.; todo ello teniendo la ventaja de establecer los techos acristalados, cuales permiten gran raudal de iluminación.

La metalurgia había pues de experimentar una gran evolución en el siglo últimamente transcurrido, por así imponerlo las nuevas condiciones y modo de ser de las sociedades, que viven en medios más activos, que necesitan aumentar, duplicar, triplicar, los elementos de comunicación, acortando por otra parte las distancias, de aquí los puentes de hierro que salvan el vado de los ríos, ó bien el precipicio de los valles, cuyas dificultades subsana el hierro, dificultades que serían inaccesibles para otro cualquiera material. En los caminos de hierro, se estudió para sus rails, los perfiles más ventajosos á la vez que económicos para la resistencia del metal.

Pusiéronse también en práctica los hierros laminados, para la construcción de los grandes pisos y toda clase de cubiertas, y ese mismo precedente, fué estímulo para el desarrollo de los procedimientos mecánicos del trabajo.

La construcción metálica, ha podido substituir á la de los materiales leñosos, en las construcciones de techos, yeso con gran ventaja, por disponer ahora de más anchura en los espacios destinados á cubrirse, toda vez que, la madera á partir de un límite lineal restringido, no permite la disposición de grandes salas ó estancias, á menos de no recurrir á piezas de madera combinadas que juntas daban una altura exagerada, produciendo un pésimo efecto visual y siendo, por otra parte, sumamente costosas semejantes especiales construcciones.

El hierro, ha tomado también carta de naturaleza en la construcción de las casas particulares modernas, y todo por las inmejorables cualidades de estar dotado de una gran resistencia y ocupar relativamente poco espacio.

La higiene prescribe que en las grandes urbes, se disemine en gran cantidad, mucho aire, mucha luz, elementos prin-

cipales de la vida, y eso no solamente para los departamentos destinados á aglomerarse gran número de individuos, como son los hospitales, cuarteles, cárceles... etc., sino que también en las habitaciones particulares. Así el hierro fundido y el forjado se prestan á practicar grandes aberturas en las fachadas; su empleo para las columnas y vigas tubulares, facilitan la disminución de los puntos de apoyo, y limitan los macizos de los muros á las secciones estrictamente necesarias, para conllevar las cargas verticales; el grueso de los techos puede ser menor que si se construyera empleando la madera, y así con todos estos elementos, resuelve el principio de aumentar espacios y disminuir macizos.

La tenacidad del metal, ha podido también aprovecharse para establecer estos cuerpos salientes que hoy son tan comunes en las fachadas, y que cerrados con vitrinas, ofrecen un cómodo y agradable sitio en el interior de las habitaciones, beneficiando éstas en terreno, á la par que dichos cuerpos voladizos dá al artista ocasión, propicia, para lucir su ingenio, combinando formas esbeltas y elegantes que hagan juego con el resto del edificio.

En fin, es tan extensa la índole del hierro, y abrazan tantas generalidades las aplicaciones á que se presta con sus ventajosas propiedades, que sería por demás difícil exponer el cuadro detallado de semejante programa de utilidades, limitándonos tan sólo en hacer hincapié en los tipos de trabajo más sobresalientes, en que el hierro ha intervenido como exclusivo agente.

116. **Puentes** y pasos salvando grandes vados.—En los puentes, dado que estén destinados á sufrir grandes esfuerzos, la solución del problema aparece más franco, claro y expedito; entonces la repartición de las fuerzas ha de ir en consonancia con las formas del arte, la de éste nace de aquéllas, y todo el talento del constructor está en combinar las partes de su obra, de modo que poniendo en relieve el problema constructivo, de éste, nazca visible la concepción artística. La configuración y la calidad del terreno, será también un nuevo elemento importante del problema, el cual aportará nuevo dato que influía notablemente, en las disposiciones con que hay que contar.

De tratarse de salvar el paso de un río, la solución más indicada parece ser el tipo de viga recta, descansando sobre apoyos, lo más distantes posible, á fin de que no entorpezcan

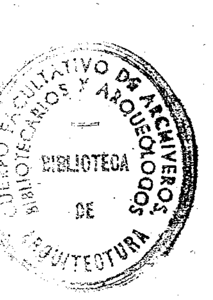


la marcha y paso de las embarcaciones, dado que el río sea navegable; tal es el procedimiento que se adoptó para los primeros puentes de este género, construídos en Inglaterra, acudiendo en su auxilio las grandes vigas tubulares, compuestas del palastro roblonado, así como también de los hierros de ángulo.

El estudio de las piezas rectas, sometidas á la flexión, ha demostrado plenamente, que la sección más favorable á la resistencia del metal es la doble T, ó también la rectangular hueca, al paso que la materia conviene esté acumulada á las extremidades de la sección, y así el alma vertical de la pieza de doble T, tiene por objeto principal el enlace ó unión de las alas superior é inferior, y así aquélla puede ser dable aligerarla en su grueso, y aun también perforarla, en parte en los límites de seguridad.

Mas, de otra parte, como las vigas laminadas que afectan la sección de doble T, no resultan económicamente ventajosas, de exceder en una altura de 30 centímetros, de aquí que se haya tratado de substituirlas por las construídas de hojas de palastro de espesor variable, formando el alma y las alas de la misma, mantenidas unidas entre sí, por hierros de ángulo fuertemente roblonados con aquéllas.

Estos sencillos elementos, préstanse ya á adquirir toda clase de formas rectas ó curvas, mientras que la perforación del alma, presta un medio de que pueda aprovecharse el constructor, al sortear los efectos del contraste de huecos y macizos, para cumplir con los efectos de composición en el ornato, el cual acusa racionalmente la esencia de los procedimientos constructivos.




En vigas de esta naturaleza, los esfuerzos aumentan progresivamente, desde los puntos de apoyo al centro de la pieza y semejante precedente, puede fácilmente subsanarse, sin necesidad de aumentar la altura de la pieza, con sólo ir también aumentando progresivamente el espesor de las alas.

Esta es precisamente la disposición de los primeros puentes de los ferrocarriles franceses, en los cuales el alma de la viga de palastro, ha sido substituída por planchas entrecruzadas, formando cruces llamadas de San Andrés, dándonos así con sus huecos intermedios las vigas llamadas de *celosía*; la fig. K' que representa el puente de Kehl, es un ejemplo de semejante disposición.

El puente pues en este caso, se compone de dos grandes

vigas gemelas llamadas de *celosía*, separadas del ancho que esté calculado para la luz del paso, manteniéndose rígidas en su plano por las mentadas cruces de San Andrés, mientras que en el sentido transversal se hallan enlazadas por una serie de otras vigas, unas en la parte baja destinadas á sostener el tablero del puente, las otras en la parte superior, haciendo el oficio de tirantes, que garantizan la equidistancia de las dos grandes piezas, impidiendo su separación, de sobrevenir cualquier accidente que á ello tendiera. Como se infiere, los puentes terminados por vigas rectas, no acusan la resistencia progresiva de la pieza; de aquí que se estudiara otra solución, para que aquella resistencia se pusiera en evidencia, y así ser más lógica la forma producida, del verdadero modo de ser de las acciones mecánicas.

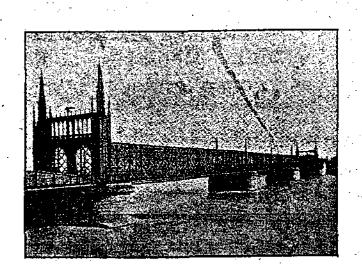


Figura K'

Sabido es que la resistencia de la viga aumenta, á medida que lo hace la separación de las alas, esto es, la altura de la misma, y con ello salta á la vista, que semejante requisito puede satisfacerse desde luego, haciendo variar progresivamente la altura de la sección. En este caso, la viga ya no estará terminada por una línea recta, sino por una curva, llamada de igual resistencia, tal es el ejemplo del puente de la fig. L', construído en Rotterdam.

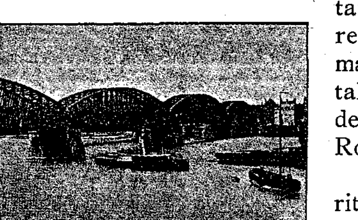


Figura L'

En el viaducto de Gabarit (fig. M') se intenta resolver el problema de igual resistencia, para una viga arqueada, siendo la solución sumamente ingeniosa, aunque algo incompleta; y en efecto, la línea recta del tablero, con la línea curva del arco, pugnan entre si, al encontrarse unidas en su tangencia, aviniéndose mal, el asentamiento de la forma plana del tablero con la cilíndrica del arco, esto hace que aquí suceda lo anómalo, esto es, que el arco resulte sin empuje y resista como una simple



viga, por acumulación de la materia sobre la clave, y claro es entonces, que el metal no está utilizado según las funciones que son consecuencias de disposiciones lógicas y naturales, como así serían de estar evitado el empuje del arco, por otros semiarcos de igual abertura.

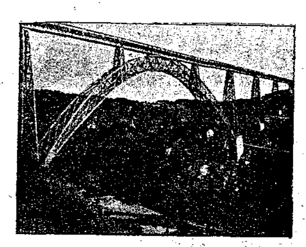


Figura M'

La aplicación del sistema articulado á los puentes metálicos, lo propio que de las armaduras de cubiertas de igual luz, así como el empleo de los arcos equilibrados, evitando ó disminuyendo los empujes, ha conducido á nuevas é ingeniosas disposiciones. Así (fig. N') representa el puente del ferrocarril que atraviesa el Sena, entre los distritos de Passy y Grenelle, en él, la solución está resuelta, constituyendo la viga en arco, viga aquí, de igual resistencia y perfectamente concebida, por el especial procedimiento de enlazar el tablero con el puente propiamente dicho, evitando así ese aspecto pesado que aparece en las otras soluciones, las cuales recurren á gigantescas vigas ó armazones, desiguales en las alturas de sus distintos trechos. Ejemplos son todos estos que evidencian que á la par que el hierro se ofrece libremente al constructor, para ser tratado en las construcciones apelando á la suerte de disposición que crea conveniente y sea más feliz, para que venga á realizarse el armonioso consorcio del arte y la ciencia, la solidez y la belleza, el fondo y la forma.

Las articulaciones que en principio existen en los cuchillos de armadura del sistema Polonceau, dieron pie para que se extendiera su aplicación á las armaduras de cubierta, sino que también á la disposición de puentes de hierro. Uno de los ejemplos más notables de nuestros días y que se puede citar como verdadero modelo de puentes de vigas articuladas y equilibradas de igual resistencia, es el llamado Puente de Mirabeau, existente en París (figura P') lo forma un gran arco central de 93'20$^{m}$ de luz, comprendido entre dos series de arcos laterales, uno por

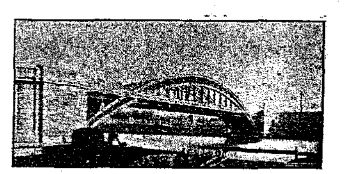


Figura N'

parte, cuyos tienen 32ᵐ'42; más en la totalidad del puente, ó de la bóveda como diríamos, se compone de siete armaduras ó cuchillos de acero, cada uno dividido en dos simétricos, apoyándose sobre las pilas mediante cojinetes, á la vez que enlazados en el punto culminante ó clave lo hacen mediante articulación, fijando sus arranques entre sí, por tirantes, en forma de *bielas*.

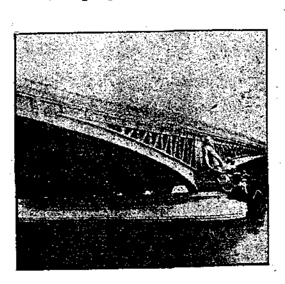


Figura P'

En cuanto á la parte superior del cuchillo, es simplemente rectilínea, y la parte superior ó puntos de arranque, la línea es arqueada, según la curvatura de una parábola de eje horizontal.

La disposición de este puente, nace del motivo de poder utilizar el terreno próximo á las orillas del río y como formando muelles, los que dejan completamente libres los semiarcos laterales.

Las articulaciones de este puente se prestan á todo movimiento de dilatación y de contracción, cuales se traducen por movimientos ascendentes y descendentes hacia la clave. La solución, como es de ver, si bien llevada racional y artísticamente considerada, es tal, que cada detalle está precisamente en su sitio, nada huelga, y es que aquí, Mr. Resal, autor constructor del proyecto, no ha introducido en vano la decoración; ésta no es parásita, nace y se exhibe mediante las mismas piezas útiles y necesarias de todo punto en la osatura de la obra; hasta lo formidable, macizo y grandioso del puente, se descubre desde el primer momento, contribuyendo á ello la delicada baranda que cerca el pretil, pues ella tiene el escaso grueso natural que le corresponde, y no más, pudiendo con sus dimensiones al compararlas con las de la construcción restante, hacerse cargo el observador de lo potente del coloso que aquella corona.

La fig. Q' representa otro puente de París, el llamado de Alejandro. Su arco tiene una abertura de 107ᵐ'50, estribando en dos enormes pilares monumentales: su tablero está sustentado por quince cuchillos, cada uno compuesto por dos semiarcos en forma de bielas, apoyándose sobre una articulación en los estribos. La forma de biela es la de igual resistencia para la pieza inclinada, teniendo dos puntos de apoyo; hallán-



dose aquí constituida por una serie de dovelas de acero moldeado, cuyos contactos perfectos se han obtenido por medio de las superficies de junta.

El sistema de construcción de este puente, muy diferente del anterior, es interesantísimo bajo el concepto de hacer ostensibles los recursos que pueden sacarse del acero moldeado para piezas de grandes dimensiones y de suma precisión.

Mas dentro de la especialidad de la construcción de puentes, se ofrece un sistema particularísimo dentro del cual la aplicación del hierro logró una verdadera conquista en los anales de la construcción, pudiendo con ello establecer ya, y

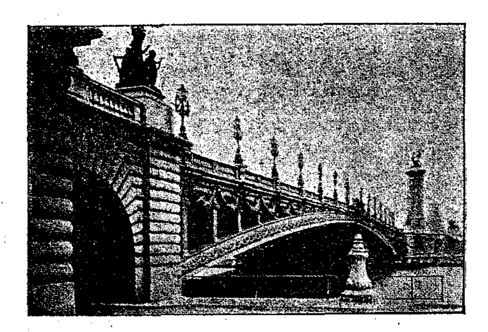


Figura Q'

de una manera formal, los puentes llamados colgantes, por medio de los cuales se salvan grandes vados, ríos, precipicios, etc.; y no es precisamente el metal férreo quien hiciera concebir el principio intrínseco de semejante construcción, pues ésta, aunque embrionaria, se conocía y adoptaba de muy antiguo, más lo que sí ha proporcionado el hierro, elementos y nuevos medios de detalle para que aquel principio se desarrollara, satisfaciendo el problema con más grandiosidad, haciendo posible que se ganaran distancias más inaccesibles ó lejanas que mediaran de uno á otro extremo de los sitios que se trataba de enlazar.

Y en efecto, los puentes colgantes los vemos establecidos en varios puntos de la América del Sud, describiendolos antiguos é infatigables viajeros, los que nos indican como los indígenas echaban mano al *bambú* para la fabricación de los cables, salvando con ello distancias inaccesibles, aunque

como se comprende, de relativa menos extensión que las hoy aplicadas; esta clase de pasos *aereos*, eran conocidos en el país con el nombre *Tarabila*.

Tuner, en su *Historia general de los viajes*, nos refiere también de muchos puentes colgantes construídos en China bajo la disposición de los primitivos americanos, y aun afirma que en *Quat-Cheu* existe un ejemplo de aquel mismo género, pero con la particularidad que los cables, en lugar de ser cuerdas vegetales, venían éstas sustituídas por cadenas de hierro. El puente de *Selo-Cha-Zum*, dice también el mismo Tuner, que cuenta con cadenas de hierro separadas una de otra en un ancho de 4 pies, y sostenidas por sendos pilares de piedra establecidos en cada orilla ó extremidad del paso.

De estas cadenas parten verticalmente las péndolas, cuales así colgantes, sirven de apoyo al tablero del puente, el cual alcanza una longitud de 54 pies.

Con estos datos, tenemos lo bastante para inferir cómo el Asia estaba en un relativo adelanto sobre la civilizada Europa, y para con respecto al asunto de que se trata, y aunque bien los detalles de construcción fueran muy rudimentarios, y los trechos en donde se lanzaban los puentes eran de reducidas dimensiones, sin embargo, la esencia y el principio general era exactamente el mismo del que ahora se emplea para los puentes de más importancia.

Mas el primer puente colgante construído todo de hierro, y que inauguró la serie de todos los que hasta hoy se han levantado formal y seriamente, realizando un verdadero problema de construcción, fué el que construyó Finley en el año 1796 en los Estados Unidos, y destinado para salvar el paso de una gran vía que mediara entre las dos agrupaciones urbanas; la una la *Unión Town*, y la otra la de *Greenburg*; era su ancho ó luz del paso la importante cantidad de 64 pies.

En pos de este puente se construyeron gran número de ellos, hasta el punto que Mr. Couven, en su *Historia de la navegación interior*, nos dice que en el año de 1820 se contaban ya en los Estados Unidos hasta el número de cuarenta puentes colgantes.

No tardó Inglaterra en propagar ese género de trabajos, así como Francia y las demás naciones, existiendo en todas ellas ejemplares recomendables como á tipo de buena construcción y hasta si se quiere elegantes y artísticos en su clase.



Mas por sus dimensiones é importancia citaremos tan sólo los dos debidos al ingeniero alemán Robling, ambos construídos en los Estados Unidos, uno de ellos es el que data del año 1857 y salva el paso del Niágara; la circunstancia de ser en el punto de emplazamiento muy rápida la corriente y extraordinaria la profundidad de las aguas, motivó el que se desechara todo otro sistema de puente que no fuera el colgante.

En el se combino el sistema de cables y el de aspas, y su costo fué de 2.200,000 pesetas; la longitud del puente es 250 metros; anchura del tablero superior, comprendidos los andenes, 7m'31; anchura del tablero inferior para la circulación de carros, 5m'79; altura de los pilares del lado del Canadá, 23'77; altura de los pilares del lado de Nueva York, 26m'82; el diámetro de los cuatro cables principales, 0'254; longitud total de los tubos 643,724m; número de péndolas, 624; altura de los carriles sobre el nivel del río, 74m'68, y finalmente, peso del puente, de los cables y cuerdas, 906'8 toneladas.

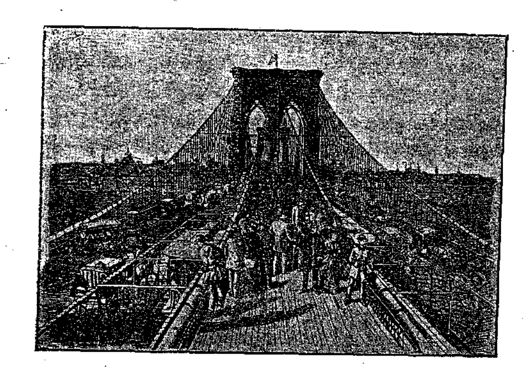


Figura O'

El segundo (fig. O') ejemplar, más reciente, data del año 1877, y su objeto fué la unión ó enlace de las dos grandes urbes, Nueva York y Brovklyn. Tiene este puente tres vías, dos de ellas para mercancías y paso rodado, y la tercera para los peatones. Son verdaderamente notables á la par que extensos los trabajos que hubo de verificar para la cimentación de los pilares ó torres de apoyo que se levantan en cada una de las entradas de las dos grandes urbes. En la de Brov-

klyn se emplearon para la formación de la gran masa cimenticia, nada menos que 250 toneladas de hierro y 111,000 pies cúbicos de envigados de hierro, formando así con los engatillados y la red que constituyen estas vigas, un asiento sólido y compacto, que puede desafiar la fuerza de las mayores avenidas del río, así como de las perniciosas filtraciones. En cuanto á la torre de Nueva York y situada á la distancia de 1,595 pies de la anterior, su masa cimenticia coge 180 toneladas de hierro en bruto, 200 toneladas de hierro trabajado y 118,000 pies cúbicos de engatillado y red de envigados de hierro.

Resulta ingeniosísima la disposición de los andenes ó plataformas de este puente, en cuanto se combinan las cuerdas de suspensión con viguetas de distintas dimensiones llegándose á alcanzar una resistencia de 50 toneladas. Se calculan hasta el número de 1,520 péndolas ó cuerdas de suspensión. El costo de este grandioso puente llegó á ascender á 15.000,000 de duros, y esto por sí solo resume la importancia de dicha obra.

La construcción de los puentes colgantes ha dado lugar á que al combinar unas piezas con otras, dieran motivo á una gran variación. de ensambles y empalmes verdaderamente ingeniósos. Así por ejemplo, sabido es que las piezas principales y sobre las cuales gravita toda la masa, son las cadenas tendidas de uno á otro apoyo. Estas pueden ser de dos clases, esto es, cadenas propiamente dichas, ó bien cables formados por manojos de alambres. En el primer caso, los arcos catenarios que forma la cadena tendida, están formados de vástagos cuadrados, redondos, aplanados ó achaflanados, terminados por anillos ú horquillas que engranan unas en otras y se mantienen á rozamiento libre por medio de pernos (figs. 81 y 82); ó de anillos oblongos reunidos entre sí del mismo modo (fig. 80).

Todas estas piezas deben hacerse con la mayor precisión, y los pernos tornearse ó terrajarse con esmero. La cadena debe poder prestarse, con la mayor libertad de movimiento, á todos los cambios de forma que sufre á cada instante, prestándose así á la flexibilidad.

En el segundo arco, ó sea los cables, se prestan mejor á esta importante condición de flexibilidad. Estos cables están formados ordinariamente de alambre de hierro números 17 y 18, de 0m'0026 á 0m'003 de diámetro, de 44 á 57 gramos de peso por metro corriente; estos alambres se encuentran en el



comercio formando rollos de 140 á 150 metros de desarrollo.

Estos tubos se devanan, uno por uno, en toda su longitud, bajo una tensión uniforme; después se acoplan formando madejas planas ó redondas por medio de ligaduras de alambre más delgado recosido y contorneado en espiral, apretada al rededor de las madejas.

Estas ligaduras, tienen ordinariamente 0m'10 á 0m'11 de longitud y distan entre sí 0m'20 á 0m'25. La condición importante en la fabricación de los cables es que todos los hilos estén igualmente tensos, para que trabajen igualmente; para lograr tamaños requisitos empléanse aparatos especiales.

Cuando los cables alcanzan una mayor longitud de 140 á 150m, entonces se recurre á los empalmes. Dos medios hay para empalmar: 1.° Se cruzan los hilos cabo á cabo, dejando pasar uno sobre otro unos 0m'10, y reunirlos así, dos á dos, por una ligadura de alambre recocido núm. 4. Además se hace de modo que estas ligaduras caigan en diversos puntos de la longitud del cable.

2.° Consiste en fraccionar el cable en muchas fracciones de cierta longitud, terminadas á los dos extremos por unos anillos que sirven para unirlas entre sí. Véase la fig. 84, L.ª 5 que representa uno de estos anillos, que se forma desdoblando una de las madejas en cierta longitud, é interponiendo una especie de herradura, abierta exteriormente á modo de canalón, en el cual vienen á empotrarse, cruzándose los hilos desdoblados de las madejas.

Se reunen después por una buena ligadura apretadas junto á estas herraduras. La reunión de las diversas fracciones de cable entre si, se hace por medio de pernos ó de anillos metálicos conforme muestra la fig. 84. Aunque se achaca á los cables de alambre, la facilidad con que pueden oxidarse, sin embargo, se corta este contratiempo, pasando cada alambre por dos ó tres veces, en un baño de aceite hirviendo, y luego se forma con ellos la madeja.

Los fiadores ó cable de retención, que muchas veces no son más que las cadenas ó cable de suspensión, se construyen del mismo modo que unas y otras.

El sistema de cadenas, es el sistema que generalmente priva en Inglaterra, mas tienen el inconveniente que el menor defecto que afecta alguna de las piezas, en virtud de la imperfección del forjado, puede dar lugar á la rotura de dicha pieza, y de ahí la ruina del puente; por ese motivo el sistema

de cable es el adoptado en Francia, consiguiendo evitar aquel percance, á la par que se consigue más prontitud en el trabajo.

Las péndolas son ordinariamente de hierro forjado y por lo general de configuración cilíndrica; también hay ocasiones que se hacen de alambre.

El extremo de la péndola, esto es, el que destinado á fijarse á las viguetas transversales, termina por un cabo fileteado, al cual se adapta una tuerca, ó por un cincho, dando así lugar á las dos variaciones de ensambles que aparecen en las figuras 85, L.ª 5.ª y 83 L.ª 4.ª; el otro extremo termina de modo que se sujete á las cadenas ó cables por el sistema más sencillo y sólido, cuyas condiciones dependen del método adoptado en la pieza de suspensión, ya sea cadena, ya sea cable, pero los más frecuentes son los siguientes enlaces:

1.° Cuando se emplean cadenas, se hace de modo que el ensamblaje de los eslabones corresponda exactamente al punto en que deben fijarse las péndolas: á este efecto, se disponen los arcos catenarios unos sobre otros, ó unos al lado de otros, de modo que los nudos de los diversos arcos proyectados sobre un plano vertical paralelo al eje mayor del puente, caigan exactamente sobre las verticales que pasen, por el medio de todas las viguetas transversales, distribuídas según lo exige el proyecto.

Los pernos de ensamblaje de los eslabones entre sí, pueden entonces servir al mismo tiempo para fijar las péndolas, que no necesitan, para reunirse sólidamente á la cadena, más que terminar por arriba en un anillo del mismo diámetro que el cuerpo del perno (fig. 89); también pueden para estos ensambles recurrir á los ejemplos que muestran las figs. 87 y 88 aunque quizá estos últimos no son tan recomendables como el anterior de la fig. 89.

2.° Cuando se emplean cables de alambre, se echa mano también de disposiciones análogas, de formarse aquéllos de pequeñas porciones reunidas por herraduras: el mismo perno que pasa dentro de éstas para reunirlas, pasa también dentro de unos anillos practicados en las cabezas de las péndolas. Cuando los cables están formados de una tirada continua, ó bien cuando las porciones comprendidas entre los pernos son demasiado largas para satisfacer á las exigencias de este sistema, lo mejor, y más común, es montar á caballo sobre dos cables contiguos, en el sentido horizontal, unas cajas de fun-



dición ó de hierro forjado, á las cuales se fijan las péndolas, ya á tuerca y tornillo, ya por medio de bridas ó cinchos de diversas formas (véase al efecto la fig. 83, L.ª 4.ª).

En algunos puentes poco importantes, los elementos de suspensión se han reducido á simples varillas inclinadas, que parten de unos pilares más ó menos inclinados y que vienen á fijarse en diferentes puntos del tablero bajo ángulos cada vez más pequeños (fig. 90). A veces se ha combinado también este modo de suspensión con las cadenas y las péndolas.

**117. Grandes galerías. Estaciones de ferrocarril. Mercados.**—La primera aplicación de un sistema articulado en los cuchillos de la Gran Galería de Máquinas en la Exposición Universal de París del año 1889 (fig. R′) El cuchillo y su soporte, constituyen aquí una sola pieza llevada y estudiada de modo, á fin de resistir los empujes, mientras que la articulación facilitase los pequeños movimientos debidos á los cambios de temperatura en las grandes piezas.



Figura R′

Mediante una serie de transiciones, los sistemas articulados fueron aplicándose á todos los arcos, esto es, tanto á aquellos destinados á resistir empujes, como á los que estaban asimilados á las vigas de igual resistencia descansando sobre dos apoyos.

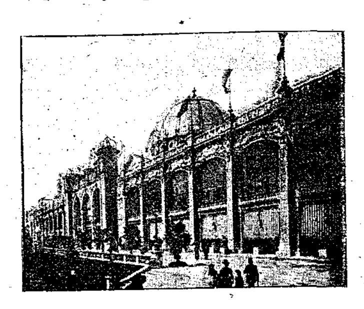
Así es pues, como fueron construídos los grandes cuchillos de la galería de máquinas (fig. R′). Tienen una luz de 115$^{m}$ y de altura 45$^{m}$ bajo clave.

Contamine, fué el ingeniero de dicha obra, á la cual dotó de articulaciones, disponiéndolas en los puntos culminantes y en los apoyos de cada semicuchillo; así el empuje está equilibrado en el mismo suelo.

Aquí aparece alguna dificultad para subir los cuchillos, estando así dispuestos para colocarlos en el lugar en donde estén destinados: aquí en nuestro caso de dicha galería de máquinas, los cuchillos se subieron, una vez aparejados, girando y apoyándose alrededor de sus soportes articulados.

Es indudable que en la Exposición Universal de París de 1889 se mostró un gran adelanto para con las construcciones metálicas, haciéndonos ver, dentro de las prácticas del hierro, nuevos asuntos y recursos que aportaron otros

tantos nuevos datos, para construcciones de índole análogas. Así, por ejemplo, en el Palacio de Bellas Artes (fig. S') aparece un bellísimo ejemplo de construcción de hierro combinado con detalles de barro cocido; mas aquí el asunto de la decoración no resulta sin embargo tan lógico y racional como el ejemplo que nos dió á conocer posteriormente la Exposición de 1900, en el pabellón destinado á Grecia; aquí, sí, aparece el problema resuelto, pues la decoración se lleva á cabo á expensas del mismo metal, naciendo espontáneamente dicho ornato, de la misma construcción y sin necesidad de pedir prestados á otros materiales que no sean el propio hierro.


Figura S'

Véanse en (figs. U' y T') los pilares y arcos que sostienen


Figura U'


Figura T'

la cúpula, vienen espléndidamente ornamentados, por bellas perforaciones, trabajadas en el palastro, mas al objeto de aumentar mas si cabe el efecto de macizos y huecos, que resultan con semejante combinación, se varió algún tanto el procedimiento de trazado, correspondiente á los intradós y paramentos de los arcos; así, en los primeros, el ornato viene representando hojas de laurel algún tanto repujadas con el martillo, y retocadas á cincel; mientras que en los segundos



está completamente sobre plancha lisa y llana, y simplemente recortada para dar contorno á la perforación.

También es digno de llamar la atención en ese particular ejemplo, unas trompas de hierro que aparecen en los ángulos entrantes de los pilares, motivadas para el sostenimiento de la cúpula; su ornato está llevado del propio modo que en lo restante de la construcción.

118 Mercados.—Los edificios destinados á mercados fueron quizá los que más beneficiaron con la introducción del hierro y la fundición en las construcciones, por resultar estos materiales los más á propósito para ser empleados en tan especiales obras. El hierro, aparte de su mucha duración, tiene la ventaja sobre los demás materiales, el de resistir más al fuego; ocupar menos espacio, y así, con su auxilio, se puede dar más holgura á los locales, sustituyendo á aquellos macizos gruesos de muro en los recintos, y á los sendos pilares de piedra, ladrillo ó madera, en los apoyos aislados, por ser dable con aquel, tenues planchas de metal, y columnas de reducido diámetro, haciéndose con ello más expédita la circulación, y ganando en cantidad de luz, máxime con las ventajas que proporciona el hierro, permitiendo calados y perforaciones, sin que sufra gran quebranto su resistencia; él facilita la introducción de esas persianas y vidrieras especiales, cuales sustituyen á los paramentos ó grandes muros de lienzo que antes se usaban llenos y opacos; está menos propenso al desgaste con el continuo roce y acción de los agentes atmosféricos, evitando de este modo nociva degradación, como sucede con la piedra, ladrillo y aun la madera, cuando en ella invade la carcoma, y la descompone, se presta á la formación de estas elegantes rotondas, coronadas por las no menos airosas linternas que coadyuvan aún más al ingreso de luz y aire, nada violento y molesto, y sí pausado y gradual, realizándose así los mejores preceptos higiénicos, al paso que apelando á tamaños recursos, resultan más atildadas las composiciones, consideradas bajo el punto de vista artístico, al disponer de un material que se amolda más para formar esbeltas, gallardas y elegantes formas, y sin que de otra parte, exija mayores ni tampoco iguales gastos, hecha comparación con los que eran de uso común.

Muchos son los mercados levantados, contando con el hierro como á base principal de la osatura de la construcción, y eso, tanto en el extranjero, como en nuestro país, y casi en

todos ellos, se ha partido como á planta dispositiva, del simple cuadrado ó rectángulo, como por ejemplo, el que puede servir de tipo, el erigido por el arquitecto Baltard en la capital de Francia, mercado conocido con el nombre de *les Halles centrales,* lo cual ya de por sí indica, que se compone de varias agrupaciones separadas por calles y pasajes; mas no así sucede con los varios edificios que de este género se han levantado en Barcelona, en los cuales la construcción está dentro de una sola masa, formando un verdadero edificio, en el cual se puede estudiar con más unidad los procesos de la edificación, con todos los accidentes y pormenores. Cada uno de estos mercados, sirve de núcleo á las varias agrupaciones urbanas de la populosa ciudad, facilitando así, el servicio, y haciéndolo más cómodo para los habitantes más próximos á la urbe de que se trata.

De todos ellos, el más característico, por apartarse en su disposición de las formas generales, es el llamado de *San Antonio,* denominación igual á la de la barriada en donde aquel edificio está enclavado, levantándose por entero, en toda una manzana del ensanche de la ciudad, manzana que, como casi todas, tiene la forma de un octógono irregular; el cual está inscrito en un cuadrado cuyo lado es de 113ᵐ; y de tal modo, que los vértices del citado octógono distan respectivamente de 14ᵐ145 del vértice más próximo del cuadrado referido (fig. 91, L.ª 5.ª), dando así como unos 20ᵐ para los cuatro lados menores del octógono, lados que se convierten en chaflanes para con respecto á los paramentos, que sustituyen á los vértices del cuadrado.

Mediante estos precedentes, la disposición del edificio es tal, que el centro de figura del cuadrado, lo es también de un octógono (fig. 91, L.ª 5.ª) *a, b, c, d, e, f, g, h,* inscrito en un círculo de 30 ᵐ de diámetro, sirviendo como de gran rotonda coronada por una hermosa y elegante linterna, perforada de bellos adornos y rasgadas ventanas, á las que acompañan persianas y cristales, de tal modo dispuestos estos detalles, para permitir el paso de aire y luz suficiente, sin que estos elementos de vida, sean nocivos por su mucha intensidad, cuales al efecto, vienen algún tanto amortiguados, por debilitarlos exprofeso de su viveza natural.

A esa rotonda, concurren cuatro grandes galerías rectangulares, dispuestas en el sentido diagonal del cuadrado circunscrito, y como formando en planta, y en su conjunto, una



cruz de San Andrés, arrancando cada una de sus aspas, de cada uno de los cuatro chaflanes antedichos, y en los cuales se exhibe la elegante fachada que á cada uno corresponde (figura V').

Enlázanse estas galerías con la rotonda y con pabellones intermedios AB, CD, etc. (fig. 91), cuyos últimos, al ensanchar el ámbito de la rotonda, ofrecen gran juego para la combinación de las cubiertas y contribuyen á embellecer más y más el efecto del conjunto.

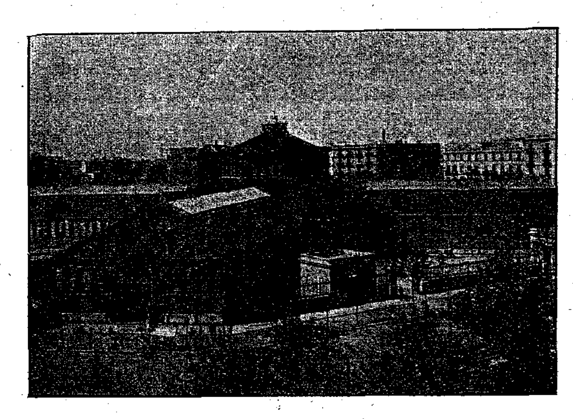


Figura V'

Grandes cuchillos radiales *Aa, Bh,* etc., sustentados por las columnas de fundición *A, a, B, h,* etc., sirven de apoyo para la cubierta de la rotonda con su linterna, mientras que los planos dependientes de forma trapecial tales, como el *A, a, h, B,* etc , vienen á combinarse con los faldones longitudinales de las galerías corridas, produciendo en su intersección las limahoyas *Am, Bm,* resultando así; que las líneas de hilera de galerías y pabellones intermedios, vienen á cortar á las pendientes de la rotonda, en puntos tales, como *m, n, p, y,* etc., situados todos, á la mitad de los lados de un octógono concéntrico con el de dicha rotonda.

Las galerías se hallan cubiertas sencillamente con cuchillos sistema Polonceau, 1, 2, 3, etc., y éstos sustentados directamente sobre las columnas alineadas á lo largo de los paramentos laterales. Por la fig. 91 puede observarse que á cada dos columnas corresponden intermedios dos ventanales de la

misma forma y disposición que los correspondientes á la linterna, siendo la separación de cuchillo á cuchillo 4'50$^{m}$; finalmente las cubiertas de estas galerías, están en parte rasgadas, dando lugar á lucernarios proyectados en planta según expresa el contorno $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ $\delta$, dando lugar con la mayor altura de la cubierta de esta especie de lucernario, al paso gradual de la luz y correspondiente ventilación.

En general, en toda esa construcción de hierro domina el laminado y sistema de plancha roblonada, y también sujetas con pernos; y bajo este concepto no dejan de ser notables los ensambles de algunas de las piezas; así la fig. 92 representa el detalle de la ingeniosa unión de las vigas armadas, radial é inclinada, la una, y horizontal la otra, correspondiente á un lado del octógono de la linterna, ambas son vigas de celosía, unidas por planchas intermedias á piezas angulares, con la columna correspondiente de dicha rotonda.

La fig. 93 indica el ensamble de piezas en la parte culminante ó hilera de un cuchillo Polonceau de las galerías radiales. Alrededor del mismo núcleo, concurren los pares, las cadenas, péndolas, hileras y pilas de hierro del tragaluz, terminando con su pieza de hilera correspondiente. Vemos que la base principal de tan numerosas y concurrentes piezas, se obtiene con la mayor facilidad, recurriendo á una gran plancha que las comprende á todas, plancha que por la disposición de la concurrencia; ha de afectar la forma de una letra A llena. También se aprovechan las partes inferiores de esta plancha, para el enlace respectivo del refuerzo del par, conforme es de ver en la misma figura.

Otro ensamble nos indica la misma fig. 94 en la concurrencia de las piezas del falso tirante, cadena y tornapunta, acudiendo también al auxilio de planchas intermedias y roblones.

La fig. 95 nos muestra un ejemplo de ornato en las enjutas de los ventanales correspondientes á las galerías radiales.

El proyecto de este importante mercado, es debido al arquitecto don Antonio Rovira y Trías, autor también de los otros tres mercados de Barcelona llamados de la Concepción, de la Barceloneta y de la barriada de Sans. Uno de los periódicos de la localidad, y á raíz de la inauguración de dicho edificio, dijo del mismo encomianndo sus condiciones: *Inaugurado no hace muchos años, es sin disputa el más hermoso mercado de Barcelona. De los otros seis que actualmente se cuentan, entre la ciudad vieja y los barrios modernos, sólo el mercado de la Boquería le aventaja en extensión aunque no en belleza ni en comodidades.*



*Trazado á manera de cruz formando cuatro grandes naves que se reunen en la rotonda central, el mercado de San Antonio es una construcción que puede mostrarse con orgullo á los extranjeros, tanto por la esbeltez de su inmensa armadura de hierro, como por el relativo lujo que se advierte en todos sus detalles y el exquisito cuidado con que su autor procuró dotarle de luz y de aire, tan necesarios en locales de esta naturaleza, frecuentados diariamente por millares de personas.*

**119 El andamio del monumento dedicado á Cristobal Colón en Barcelona.**—En 28 de septiembre de 1882, se puso con toda solemnidad la primera piedra del monumento citado, continuando sin interrupción los trabajos por espacio de seis años; llevándolos con suma rapidez y sin perdonar medio para que las obras cundieran sin sufrir interrupción.

Ese precedente es bastante, por sí solo, para inferir la importancia de semejantes trabajos, en cuanto tuvieron necesidad de tan largo plazo para llevarse á debido efecto; no siendo por otra parte exagerado el lapso, si se tiene en cuenta las laboriosas y difíciles obras de cimentación que exigió, no sólo la índole del monumento, sino que también, la especialidad del emplazamiento, y además, los grandes y numerosos trabajos de fundición y esculturales, destinados á embellecer y dar carácter á tan famosa obra.

Las propiedades principales que habían de dar la característica del monumento, en cuanto á lo que á su construcción se refiriera, habían de ser forzosamente aquellas condiciones que cumplirse ineludiblemente debían, en fuerza de las exigencias que siempre trae consigo, ya sea la índole del asunto, ya sea la naturaleza del emplazamiento; así es como fuera necesario que el monumento apareciese completamente aislado; que se ostentara también á gran altura, como es la que tiene, de 60 metros; que á esta mencionada altura y á otras inferiores, pero también considerables, habían de elevarse piezas de pesos muy cuantiosos, y sobre todos ellos, la masa de bronce que había de informar la estatua del inmortal genovés. No habían tampoco de perderse de vista, las contingencias que pudieran surgir, de los movimientos accidentales ocasionados durante la construcción, por los fuertes venda-

vales, cuales pudieran alterar en todo ó en parte. lo que paulatinamente se fuera estableciendo, en sitio tan excepcional como fué el escogido, para el de emplazamiento, cuyo se presta á que se desarrollen con mayor fuerza que en el resto de la ciudad, las fuertes ventoleras.

Todos esos precedentes fueron bastantes, para que ante todo se contara con un factor importantísimo, pensando se-

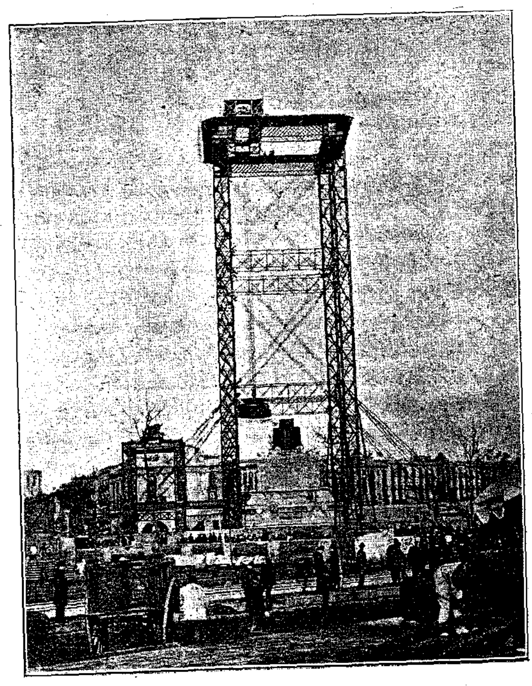


Figura X'

riamente con el potente andamiaje, que había de ser el alma de la obra durante el período de su gestación, llevando á feliz cima el ascenso de las grandes y pesadas moles, y formación del monumento en sus distintas partes; preciso era también que ese singular andamio se hallase del mismo modo aislado, con base de sustentación holgada y dispuesta de tal modo, á no entorpecer la marcha de las operaciones que necesario fueren, durante la prosecución de la obra, amén de



que, la construcción y enlace de sus distintos trechos y partes, obedeciera á la mejor factura, y así reunir solidez suficiente para garantizar no tan sólo la resistencia de los esfuerzos que sobre él debían pesar, sino que también, de los que proviniesen de causas imprevistas y accidentales de los que se ha hecho mención poco ha.

Pero aun hay más; á semejantes deficultades, habíase de añadir otra, no menos digna de tener en cuenta, y quizá la más compleja, para los efectos reales y positivos; ésta era la cuestión de presupuesto; para poder disponer de sumas que estuvieran á la altura de las circunstancias; y lo cierto era que no más se contaba con cantidad que si nó, podía calificarse de escasa, tampoco era dable considerársela como la que fuera menester, para que los trabajos tuvieran lugar holgadamente, y sin dar lugar á que se escasearan, sumas en el desarrollo de algunos, importantes detalles. (Por ser una suscripción, la que proporcionó los fondos y á ella había de atemperarse el presupuesto.

Infiérese de lo expuesto, que no era por cierto cuestión tan baladí, la que se suscitaba, antes bien, aparecía sumamente escabrosa y llena de dificultades, llevando así tal serie de circunstancias, que se invirtiera en la construcción del andamio una cantidad de relativa importancia, procurando reducirla todo lo posible, por tratarse de una construcción interina, que al fin y á la postre, había de desaparecer; así pues, se trataba de invertir en este andamio la cantidad estrictamente necesaria, á la par, que aquel por su parte, resultara construido con todas las reglas del arte y ofreciera el máximun de resistencia posible y así garantir todas las operaciones hacederas, que sobre él, habrían de tener lugar.

Para resolver tal problema, preciso era pues, que se contara con persona peritísima en la ciencia mecánica, y al mismo tiempo avezada, y sumamente práctica en el terreno de los hechos, contando así con condiciones suficientes y adecuadas, para vislumbrar de momento el justo medio para realizar una factura inmejorable de una parte, así como de otra la mayor economía posible.

En este estado, acudióse á un concurso para el proyecto y construcción del mentado andamiage, siendo elegido el trabajo que suscribió el arquitecto D. Juan Torras, el cual es al mismo tiempo Director y propietario de un importante centro industrial de trabajos de hierros.

El mérito, y profundo conocimientos que atesora el señor Torras, en semejante clase de trabajos, es indiscutible, así es, que nadie entre las personas competentes, dudó ya del éxito feliz de la futuras obras que inherentes eran al importante andamio; batiendo palmas por dar el problema como resuelto, bajo la égida de tan notoria personalidad.

Que el éxito más completo coronó todos los trabajos, evidenciando la justa reputación de que goza el Sr. Torras, y que no en balde se cifraban todas las esperanzas, de los que con afán seguían los progresos de la construcción, y como ella iba paulatinamente cundiendo; no hay para que esforzarnos en reseñarlo, ya que se trata de un hecho relativamente reciente y que todos recordamos perfectamente.

La fig. X' representa el andamiage de que tratamos, el cual lo constituyen, cuatro esbeltas y elegantes torres ó castillejos, compuestos á su vez cada uno por cuatro montantes, y estos arriostrados; en los distintos trechos ó compartimientos en que aquellas se dividen, por cruces de San Andrés, así cada uno de estos cuatro castillejos, subdivididos en varias zonas como á cubillos, y contando cada una de ellas con una escalera de mano, préstase semejante disposición, á la comunicación mutua de semejantes compartimientos y efectuar con facilidad el ascenso ó descenso, ya sea á las alturas parciales ó si se quiere á la total.

Tres sencillos puentes ciñen respectivamente á las cuatro torres ó pilas, atándolas cual si fuesen férreo cinturón, y con ellos queda unificada la construcción que aquellas informa, impidiendo así su separación, al mismo tiempo que, facilitan la comunicación alrededor del andamio y son auxilares poderosos, en las maniobras, en los distintos puntos que convenga trabajar, para el ascenso de las piezas.

Todo en semejante construcción, es á la vez que sencillo, perfectamente estudiado, y no deja de atender su autor á todo detalle dentro de lo lógico y racional de su sistema; así con el mejor acierto, introduce aquellos, aunque al parecer delgados y aéreos cables-tornapuntas; pero que en lo real son verdaderos apoyos que aporta á la resistencia é innamovilidad de los castillejos, apuntalándolos al tercio de su altura, de este modo, á la par que fortifica al sistema, proporciona al conjunto una gran base de sustentación, extendiéndose los arranques de estos tornapuntas á bastante distancia del pie del monumento, no embargando así, las distintas maniobras, cuales en efecto habrán de tener espacio libre y holgado.



Concluye por último al complemento de la unificación del sistema, la serie, al parecer de finísimas diagonales ó aspas, que enlazan de un modo fijo é invariable, el segundo y tercer cuerpos de altura, en los espacios comprendidos, entre dos de estas pilas ó castillejos.

Con semejantes precedentes, logróse que la gran cantidad de partes con que contaba el andamio, llegaran á formar un sólo conjunto cual si fuera un sólo cuerpo, dispuesto á contrarrestar el embate de pesos tan considerables como habían de ascender y exentos de movimientos nocivos que pudieran sobrevenir, siendo también muy digno de notar, la pericia del autor en este asunto, al llegar á conseguir que el *andamiage* fuese una obra verdaderamente *artística y bella,* por sus proporciones generales, armonizando de tal modo todas sus partes, hasta formar aquella silueta tan esbelta y elegante, que destacaba, más y más, con el fondo azul del cielo sobre cuyo campo se desarrollaba, para un espectador situado á bastante distancia del monumento.

Sentimos vivamente que la índole de este libro no permitaextendernos más, cual deseariamos, detallando como se merece, trabajo de tanta monta, máxime por tratarse de una construcción que por su especialidad, hubo de ser interina y finalmente, desaparecer al tener concluida su *misión,* razón por la cual, hemos tenido interés, que constara en ese bosquejo histórico de los trabajos de hierro, y rendir al mismo tiempo, nuestro humilde homenaje al apreciado comprofesor y amigo.

120. **La Torre Eiffel.**—Recordaremos aquí la obra verdaderamente maravillosa, debida al insigne ingeniero Eiffel, en la cual hizo su autor portentos en la resolución de los varios problemas del arte de construir, realizando con ello la obra más admirable y atrevida en su clase, y que haya salido de humano ingenio. Como todas las grandes concepciones, tuvo que pasar también esa, por un período de difícil gestación, pues ella fué al principio rudamente combatida por varios artistas y escritores de Francia, quienes, además de alegar que la obra no llegaría á su término, por varias imposibilidades materiales al llegar la construcción á una cierta altura, y con ello se malograrían las sumas, que hasta entonces se hubieran invertido, añadían que aun en el caso improbable de que se diera á la obra feliz remate, siempre

resultaría que los monumentos de París, quedarían como abrumados y aplastados, bajo el tamaño de torre tan gigantesca, mermando con ella importancia á los demás edificios, pues hecha comparación de su altura de 300$^{m}$, con aquellas á que se elevan los más famosos monumentos del mundo, éstos quedarían relativamente como enanos, al sufrir el parangón con el coloso de hierro.

Y en efecto, si se tienen á la vista dichas alturas, se podrá inferir á simple vista el cotejo y apreciar lo que representa la altura de la torre Eiffel: estas alturas son las siguientes referentes á los monumentos más principales:

1.° El tan famoso obelisco de Washington es de 169$^{m}$ de altura.

2.° La tan renombrada catedral de Colonia llega á 159$^{m}$ de altura.

3.° La orgullosa y secular pirámide de Cheops tiene 146$^{m}$ de altura.

4.° La colosal basílica de San Pedro en Roma, cuenta 132$^{m}$ de altura.

5.° El Panteón francés alcanza no más á 79$^{m}$ de altura.

6.° Las Torres de Nuestra Señora de París se limitan á 66$^{m}$ de altura.

Mas á pesar de la oposición sistemática y de las controversias que se suscitaron en torno del proyecto del sin par ingeniero, éste tuvo la perseverancia y fe consiguiente para llevar su plan adelante, imponiéndose con su ciencia y práctica en esta clase de trabajos, evidenciando que con el auxilio del hierro, se podían realizar construcciones de prodigiosa altura y aun afrontar la acción de los vientos, en gracia á la gran resistencia y flexibilidad de tan útil elemento, condiciones que no cuentan los otros materiales usados ordinariamente en las construcciones.

Por otra parte, ya era de esperar que el autor de la gigantesca torre, llevase á feliz término su obra, pues confianza ciega habían de inspirar los importantísimos trabajos, que durante su aprovechada y laboriosa carrera, había sobrellevado, principalmente al tener á la vista el nunca bastante bien ponderado puente de hierro del viaducto de *Garabit*, también verdadera maravilla (núm. 116), y con el cual se salva el torrente de la *Truyere*, mediante un arco de hierro de 122 metros de altura por una amplitud de 165 metros.

Puesto de acuerdo, pues, Mr. Eiffel con Mr. Lockroi, ministro de la Industria y Comercio, y con Mr. Berger, Director general de la explotación en la Exposición de 1889 (cuyas dos citadas entidades fueron las que animaron al autor y secundaron poderosamente el proyecto por él concebido) principiaron los trabajos, y la celebrada idea tuvo muy en breve una feliz y exitosa terminación.



Escogido el lugar donde había de posar su planta el gigante de hierro, aquél fué en la orilla del Sena, frente al puente de Jena y como precediendo á todos los edificios de la Exposición, y así sirviera de grandiosa y triunfal entrada con aquella inmensa areada circular de 100 metros de luz, y como dominando al conjunto por su inmensa altura, á la cual no llegan ni siquiera á la mitad, las más altas agujas de las más célebres catedrales del mundo.

Así por la importancia, severidad y grandeza de la entrada, se preparaba el ánimo del visitante, haciéndole preveer las maravillas y toda suerte de adelantos que iba á presenciar en el sinnúmero de agrupaciones que constituir debían el gran torneo de la paz, de las ciencias, de las artes, de la industria y de toda suerte de progresos de que es capaz el humano ingenio.

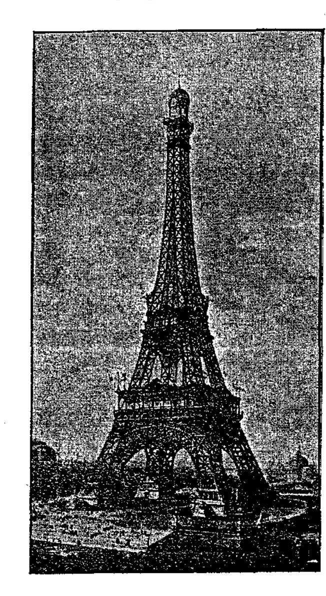


Figura Z'

Según es de ver (fig. Z') en el dibujo de conjunto, la torre, de 300 metros de altura, se divide en tres cuerpos ó altos: el primero, lo forma una suerte de tronco de pirámide cuadrangular, cuyas aristas van á apoyarse en la base superior; pues hay que tener en cuenta, que los grandes arcos circulares de este cuerpo, tienen simplemente una misión de dar más unidad al conjunto, enlazando las partes laterales, que sin ellos quedarían fríos y escuetos, con siluetas y perfiles forzados; consiguiendo al mismo tiempo, un buen tema ornamental y

decorativo, dando más movimiento y elegancia al conjunto, toda vez que bajo el punto de vista de construcción, están sencillamente prendidos ó colgados en la osatura ó esqueleto del monumento.

Las aristas de dicho tronco de pirámide, son ligeramente curvilíneas, pero parten de la base inferior en sentido normal á la superficie de apoyo, razón por la cual ésta se proyectó (figura Y') de modo que estuviera inclinada al horizonte y con arreglo á la dirección que exigían las cuatro pilas ó piernas de partida. Estas curvas que afectan las aristas, son tales,

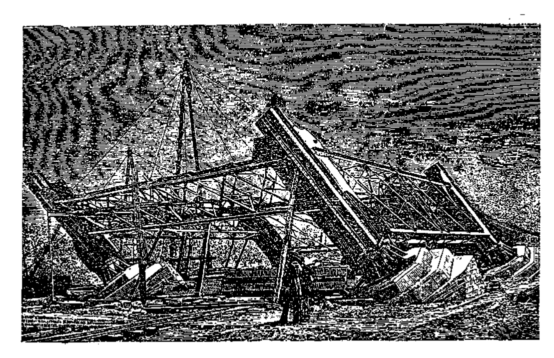


Figura Y'

que ellas junto con las prolongaciones relativas á los cuerpos superiores, afectan en su conjunto una silueta como la de una rama de hipérbola, una para cada arista.

La separación de estos cuatro pilares angulares, es en la base de unos 100 metros, contados de eje á eje, mientras que la altura de este primer cuerpo llega hasta 56 metros, terminando en la parte superior por una galería de 15$^{m}$ de ancho, la cual circunda á la torre, al mismo tiempo que unifica enlazando los citados pilares, Es en esta galería y en su exterior que pueden disponerse de 4,200$^{m}$ superficiales, comprendido el balcón voladizo, y en ellos hay dispuestas varias dependencias de café, restaurant, sala de reuniones, etc.

Sigue luego, conservando siempre la forma de pirámide de aristas curvilíneas, el segundo cuerpo, y á una altura de 150$^{m}$ en cuyo remate se ostenta una espaciosa estancia cuadrada y cerrada con cristales, teniendo cada lado 30 metros.



En pos de este cuerpo, continúa prolongándose la pirámide, formando el tercer cuerpo del monumento, terminado en la parte superior con otra galería formando un balcón de 60$^{m}$ en su desarrollo, rematando con una preciosa y esbelta linterna rematada con cúpula, y á esta altura, feliz término de la gigantesca construcción, es en donde el curioso viajero puede extasiarse contemplando el magnífico panorama que se descubre en una extensión inmensa.

Mas no solamente la Torre Eiffel aparece como una novedad sensacional, testimonio de los grandes recursos y utilidad que puede sacarse del hierro, resolviendo problemas hasta hoy desconocidos, sino que también dicho trabajo, viene á llenar una laguna, beneficiando con ello, por los resultados de gran número de experiencias, los conocimientos naturales y científicos, cuales tendrán un camino más para conducirlos al progreso. Y en efecto, á lo alto de esta Torre podrá establecerse, según su autor, las siguientes instalaciones (1).

1.° Un Observatorio meteorológico.
2.° Un Obseruatorio astronómico.
3.° Experiencias de física, en especial. { Verificación de las leyes de la gravedad. Desvío de un cuerpo en su caída. Demostración de la rotación de la Tierra.
4.° Observaciones estratégicas.
5.° Magnífica estación para Telègrafos ópticos.
6.° Gran Faro para ilnminación eléctrica.
7.° Cuestión de recreo y distracción al subir el público á la altura de 300 metros.

(1) Sobre este particular, Mr. Max de Nausouty, dice en una obrita que ha publicado describiendo la Torre Eitfel, lo siguiente: «El acceso á la parte superior de la Torre está reservado al mismo Eiffel, quien ha querido tener una instalación completa, dividida en cuatro gabinetes ó compartimentos (uno particular para él, y tres para las observaciones científicas que se proyecta verificar en ellos), á 2'58$^{m}$ de altura sobre la última plataforma destinada al público; un balcón octogonal, cuyos lados mayores miden 10 90$^{m}$ de longitud, y sus lados menores 3'96$^{m}$; rodea dicha instalación, en la cual se apoyan cuatro sólidos postes de hierro formando arco, que constituyen la linterna; una escalera de caracol de 14'20$^{m}$ de altura, sube alrededor del eje de la linterna, y conduce hasta una plataforma circular con balconcillo, que está situada á 290'81$^{m}$ sobre la base de la Torre; encima se levanta la verdadera linterna, que mide 6'78$^{m}$ de altura, y la cual contiene un magnífico faro con aparato óptico del sistema que está en uso para los faros de pri-

En la fig. 96, L.ª 5.ª, se muestra la subdivisión de la planta del primer alto, destinado á las siguientes dependencias, tal como están colocadas.

A. Salas de restaurant.
B. Vestíbulo de los ascensores.
C. Piezas diversas.
D. Balcón exterior de 3 metros.
E. Balcón interior.

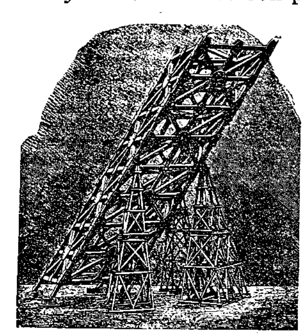
Compónese la construcción de la Torre Eiffel, de una combinación de piezas de hierro, montadas con cruces de San Andrés, y potentes hierros de ángulo, encargándose de las uniones y de los ensambles una suerte de gruesos pasadores roblonados; así las piezas en su mayoría afectan la disposición de esas vigas ó jacenas llamadas de *celosía*, cuales según el sitio que ocupan en la Torre y las funciones que desempeñan; ya son inclinadas, verticales ú horizontales; de todos modos, lo cierto es que de adoptar semejante sistema, se ha logrado, además de una gran resistencia, que las partes y el conjunto reunieran las importantes condiciones de elasticidad y ligereza; y así este cuerpo gigantesco, que podía temerse en un principio (como así lo objetaron los que hacían ruda oposición á la realización del proyecto), que su masa hacía aparecer al monumento como un cuerpo exageradamente pesado y por demás voluminoso; especie de colosal *mazacote*, afeando el sitio donde se levantara, amen de aminorar en mucho las dimensiones é importancia de las construcciones adjuntas que formaban parte de la Exposición, vino á ser en definitiva, y se convirtió en un conjunto elegante y hasta ligero, por lo muy perforado que se halla en su totalidad, comparándolo Max de Nausonty á *une dentelle de métal* (esto es, lienzo ó encaje bordado), por cuya propiedad permite la transparencia, atravesándole la luz en todas direc-

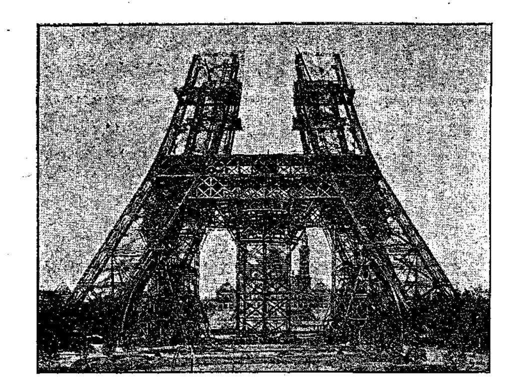
mera clase; el diámetro de la linterna es de 3m'5, incluyendo un angosto camino circular para el servicio del faro, y la luz de éste es fija, aunque se dispone el aparato de manera que proyecte rayos azules, rojos y blancos; hay además dos grandes proyectores ópticos, dotados de gran potencia, que reflejan la luz sobre los principales monumentos de París, ó hacia los sitios más interesantes de las cercanías de la gran ciudad; la bola de remate está colocada exactamenie á 300m del suelo, ó sea á 330'50m sobre el nivel del mar, y sobre ella todavía se levanta un pararrayos enlazado con la enorme masa metálica de la Torre.



ciones y ofreciendo esta circunstancia: que el cuerpo en su conjunto aparezca como aereo.

No hay para qué decir que el montaje y colocación en su asiento de todas esas piezas de hierro á alturas tan considerables, necesitaba medios especiales no conocidos hasta el presente, y que estudiados por su autor Mr. Eiffel, trascendieron felizmente á la práctica, ensayándolos antes con pequeños modelos, con la misma disposición que habían de tener la serie de andamiajes al practicarse en su tamaño natural. Véase en la fig. A″ el pequeño modelo construído de madera, para el montaje de cada uno de los cuatro pies ó pilares que sostienen la Torre, cuales ofrecen la mayor dificultad de todas las piezas, ya que ellos, lanzándose inclinados al horizonte, no pueden sostenerse naturalmente hasta haber alcanzado la primera altura, en donde ya están enlazados por la serie de las vigas de hierro, formando cuadrado donde termina el primer tronco de la pirámide.


Figura A″


Figura B″

Calcúlase que el peso total del hierro que entra en esa enorme construcción asciende á 7.000,000 de kilogramos.

La superficie del terreno que recibe los cimientos sobre la cual se reparte el peso de la Torre, es tan considerable, que gracias á semejante precedente sólo corresponde la presión de 2'2 kilos por cada centímetro cuadrado.

La fig B'' demuestra en la práctica y en el mismo acto de subir el primer cuerpo, la aplicación ventajosa del sistema de la fig. A'' y como tuvo lugar el apuntalamiento interino á medida que se iban aparejando los pilares.

La resistencia que puede oponer la Torre, al viento, obrando normalmente sobre ella, es de 300 kilos por metro cuadrado, cuyo dato corresponde á una presión total de 2 250000 kilos, este cálculo se ha efectuado para garantir la construcción, de los impetuosos huracanes, mayores de mucho á los que hasta ahora han sobrevenido en la gran ciudad, toda vez que de los datos estadísticos consultados, se ha encontrado, que el mayor viento que en tempestades se ha llegado á desarrollar en París alcanza su intensidad ó presión de 150 kilos por metro cuadrado.

Así en el caso no probable, que sobreviniera un viento anormal capaz para producir el fenómeno, de una presión de 300 kilos por metro cuadrado, ello fuera bastante para que sufrieran quebranto el mayor número de edificios de la ciudad; al paso que la Torre sufriría impávida el embate.

También de paso se ha calculado el movimiento de oscilación, que podría tener lugar, admitido el caso de un violento huracán, hallándose que todo lo más podría producir una oscilación, correspondiente á una flecha de 22 centimetros; desviación insignificante, atención hecha á la gran lentitud con que lo haría, por la mucha altura de la construcción, lo cual hace concluir que este desvío quedaría desapercibido.

Finalmente la comisión técnica, nombrada por el Ministro de Comercio, para estudiar las precauciones que podrían adoptarse, para proteger la Torre, de los efectos del fuego del cielo, opinó, que la Torre Eiffel, puede perfectamente considerarse como un inmenso pararrayos, que protegería un gran radio de terreno en torno de la misma, mediante empero la condición, que su masa metálica, se pusiera en comunicación con la capa acnífera del subsuelo, valiéndose al efecto de conductores capaces, de hacer marchar por ellos la cantidad considerable de flúido eléctrico y que pueda acumularse en las grandes tormentas.

Gracias pues á estas precauciones, tanto el edificio, como



las personas que en el se encuentren, se hallarán completamente libres de todo riesgo que pudiera sobrevenir con motivo de la caída de los rayos.

**121. Célebre trabajo de forja, con repujado; en un medallón.**—De todos estos precedentes resulta, que en esta nuestra época contemporánea, la importancia del hierro, ha subido hasta tal punto, que ha venido á ser un agente indispensable para todas nuestras necesidades, empleándolo con gran profusión en todas ó en gran parte de las construcciones; más así como en épocas posteriores se trabajaba tan solo este metal para objetos de detalle, hoy no solamente se limita á ellos sino que se extiende en obras de gran conjunto, siendo en ellas el material férreo el alma de la construcción. Esto por sí sólo ya es bastante para comprender, que la mayor parte de trabajos de nuestros días, tienden más á obtener grandes piezas resistentes, basadas en el cálculo y resistencia de las construcciones, que no á las producciones de aquellos hermosos y elegantes trabajos de detalles, en donde lucían el buen gusto é inspiración en sentidas formas, los artistas que nos precedieron, dándonos á conocer aquellas artísticas labores, cuyas transcendían también á la pericia y conocimiento que tenían del oficio, los simples obreros encargados de poner en ejecución tales primores. Estos pues, obligados por la fuerza de las circunstancias, por la especial índole y limitado cuanto continuo uso, que del hierro se hacía en trabajo de detalle, venían hasta cierto punto forzados á desenvolver todas sus fuerzas y energías, en las labores, que al calor de la forja producían; y no contando como nosotros, con la serie de máquinas y motores que hoy se conocen, ni con los fundentes que también tenemos á mano, ni con la serie interminable de chucherías de quincalla, y ornatos de simple plancha de palastro, para sobreponer á los armazones destinados á ser decorados; suplían á tales artificios desarrollados por los adelantos de la industria, con elementos puramente naturales, esto es; el fuego en su mayor ó menor intensidad; la fuerza, desarrollada en mayor ó menor grado, y el conocimiento práctico y destreza ingénita que adquirían á fuerza de venir avezados de continuo con semejante género de trabajos. Entonces, y sólo entonces, al obrero artista, le bastaban unos cuantos certeros golpes, dados al hierro caldeado, en el grado tal, que sólo su intuición conocía, para que el metal en ascua, se doblegara, al tomar la forma; ó se re-

torciera á viva fuerza hasta adquirir la forma deseada; y si bien esta salía quizá algo tosca y no muy perfilada, sin embargo de ello, resultaba entera, franca, de un sabor artístico que cautivaba el gusto más exigente, y que complacía más, que los trabajos que hoy vemos, atildados sí, pero que en definitiva son objetos de recursos y mañosidades, todo artificial, como son, piezas fundidas, uniones con pernos, ó clavos, planchas sobrepuestas de palastro, recurriendo á pequeños botones, rosetones, umbelas, y otros tantos adminículos de ornatos que al facilitar, y hacer más asequible el trabajo, ha sido quitando paulatinamente las dificultades al obrero, quien no teniendo ya necesidad de estar á la altura del clásico y antiguo herrero, ha ido sucesivamente abandonando aquellas artísticas prácticas y dedicarse tan sólo á las faenas rutinarias.

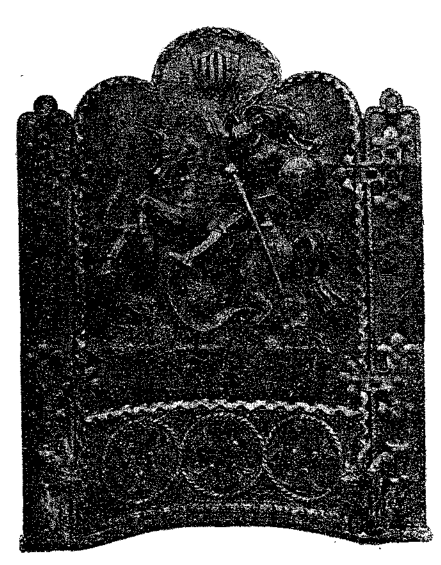


Figura C''

Sin embargo, á pesar, de tales rumbos, dirigidos, por los grandes-progresos, de los adelantos mecánicos, aun quedan latentes, aquellas energías desplegadas, por nuestros inteligentes herreros y cerrajeros, cuales, cuando se les deparan circunstancias propicias, muestran de una manera práctica



y evidente, no han quedado aletargadas, ni mucho menos olvidadas, aquellas meritísimas mañosidades, é intuiciones que se poseían, para que obedeciera el metal, á las muchas transformaciones de formas; y trabajar con él, cual lo hace el habilitoso é inteligente escultor, con la estatua, que va haciendo, á los golpes intencionados de su cincel.

Para poner en evidencia, semejantes consideraciones, nada más á propósito, al dar fin á este bosquejo histórico, que dar á conocer, un trabajo, por demás artístico, y supera á todo cuanto pueda esperarse, de la habilidad, destreza y conocimientos, de un oficial cerrajero. Consiste dicho trabajo, en un fondo decorativo, construido en hierro forjado; y destinado, para una artística chimenea, del castillo del Marqués de Montsolís, situado en la propiedad que dicho Marqués posee, en *San Hilario Sacalm*.

Ostenta el fondo de la placa, la figura de un San Jorge, relevado en la misma fig. C'', el ancho de la placa es de $1^{m},04$, por una altura máxima de $1^{m},50$; en este trabajo, no puede menos de reconocerse, la pericia, é intuición artística del oficial herrero, D. Jacinto Pujol, á quien se encomendó, tan importante, como paciente labor, en donde el modelado de las figuras, se ha hecho destacar de la masa general del hierro, á golpe limpio de cincel, aprovechando lo caliente de la calda, en el grado correspondiente á cada detalle.

Pasma en verdad, el sinnúmero de operaciones, que exigiría, el ir caldeando, cada una de las partes del gran medallón, para que sucesivamente, se les fuera dando forma, trabajando al hierro, cual lo haría un habilitoso escultor, en una masa de blando yeso, haciendo surgir de ella, las bien contorneadas figuras. Este trabajo honra también al dueño de los Talleres de cerrajería D. José Perpiñá, quien se distingue por la buena factura y dirección que da á las obras que salen de su casa, y finalmente honra igualmente, al señor Marqués de Montsolís, quien como es sabido es persona aficionada al arte y protector de los que lo cultivan.



# CAPÍTULO SEGUNDO

## Consideraciones sobre la naturaleza y distintas clases de materia férrea

122. **Hierro.**—Es el hierro cuerpo simple, comprendido en la agrupación de los metales, bajo el símbolo *Fe*, correspondiéndole el número 56 como peso atómico; se halla esparcido abundantemente, apareciendo por lo general combinado con varias substancias, como el oxígeno, azufre, arsénico, etcétera, formando sales con los ácidos carbónico, silícico, fosfórico, sulfúrico, etc. La misma tierra laborable lo contiene también, en más ó menos cantidad, en forma de hidrato ó de óxido, así como el agua lo lleva consigo, en especial aquellas bicarbonatadas; y del mismo modo, los vegetales y plantas en la combinación orgánica. Es muy raro, hallar el hierro en estado *nativo* (1) ó metálico puro, y de encontrarse en fragmentos más ó menos voluminosos se opina formaban estos parte de aquellas grandes masas, conocidas bajo el nombre de *meteoritos*, y que lanzados en los espacios celestes, vienen á caer de cuando en cuando sobre la superficie de nuestro globo. Por otra parte es bien óbvio comprender, como no se encuentra el hierro en la naturaleza, en las mismas condiciones que tiene del usado en el comercio, toda vez que, dado ya por cierto de hallarse depositado en las entrañas del terreno, en estado de metal puro, la circunstancia de ser muy ávido de combinarse con el oxígeno que existe en la atmósfera y el agua, esto por sí sólo haría que pasara al estado de

(1) *Nativo*: Se dice de un metal que se halla en la tierra bajo la forma metálica sin haberse mineralizado, por la combinación de otras substancias.



óxido, siendo esto precisamente la causa de no encontrársele perfectamente puro.

Así es como Schreiber, lo encuentra en las inmediaciones de Grenoble, afectando la forma de estalactitas ramosas y cubierto de óxido de este metal, de cuarzo y de arcilla. Por otra parte Karsten lo halla en Sajonia, esparcido con mucho óxido, y carbonato de hierro y unido á 0'06 de plomo y 0'015 de cobre. En los Estados Unidos en Canaan, se supuso haber descubierto un pequeño filón de hierro nativo atravesado por hojas de grafito, cuyo hecho no resultó muy comprobado, máxime cuando el célebre Berzelius, aunque de él haga referencia, no ocultaba las dudas que se le ofrecían, y como casi poniéndolo en tela de juicio.

La masa de hierro encontrada, y que se cree ser las más pura, analizada por Klaproth; contenía además del hierro el 1'20 °/₀ de níquel, cuyo último metal está comprobado no habérsele encontrado formando parte de los minerales de hierro terrestres, y en cambio viene acompañando á las piedras meteóricas, además la circunstancia de descubrirse algunas veces semejantes fragmentos en medio de grandes llanuras, y como embebidos en el suelo, dan indicios bastantes para inferir que provienen de estos fenómenos producidos por los aereolitos. (1)

(1) Sobre este asunto, es curioso seguir las disquisiciones del doctor Nordenskiold cuando está en lo seguro y natural, diciendo que los hierros meteóricos han debido de caer en todos los puntos de la superficie del globo, aunque hoy día se les encuentra tan sólo en países hechos inaccesibles por la misma naturaleza, y por lo tanto deshabitados, razón por la cual pueden conservarse en las mismas circunstancias en que cayeron. He aquí porqué las inmediaciones del polo Norte son ricas en hierro meteórico; habiendo encontrado Nordenkiold en la Groenlandia muchas masas de este hierro que tenían hasta 2000 kilogramos de peso y se componía de 85 °/₀ de hierro, 2 °/₀ de níquel y 10 °/₀ de carbono y materias volatizables.

También en las estepas de la Siberia, se han conservado en el mismo sitio de su caida, algunos de estos hierros meteóricos, hasta que los pobres habitantes de aquellos parajes, desprendían las laminillas de estos bólidos trabajándolas luego con el martillo para hacer instrumentos de agricultura Las mismas noticias se tienen de lo que sobre el particular llevan á cabo los habitantes de la Laponia.

En la América y embocadura del río de la Plata, nos indica Americo Vespucio, el uso del hierro meteórico, circunstancia más de notar en aquel país, en donde la abundancia de los demás metales, parecía que debía haber hecho despreciar aquel otro, al parecer de aprecio inferior.

En suma es en el estado de óxido, en que aparece el hierro en la naturaleza, conociéndole bajo el nombre de *óxido de hierro*, cuando es el resultado de la combinación pura y simple de oxígeno y hierro, llamándosele mineral de hierro en el caso, cuando el óxido puro, está combinado además ó mezclado con productos terrosos.

La combinación del oxígeno con el hierro (así como en todo otro metal) es una verdadera combustión, la cual, se activa poderosamente por medio del calor.

Mas si bien al hierro puro, le sucede lo mismo que á los cuerpos combustibles, esto es absorben el oxígeno del aire durante la combustión, esto sin embargo no lo hace de una manera sucesiva y gradual, y sí tan sólo en proporciones definidas y limitadas las que la teoría atómica de la química inorgánica, ha sometido, auxiliada de las leyes del análisis á los siguientes cálculos.

**123. Protóxido de hierro.**—Un átomo de hierro absorbe un átomo de oxígeno y con ello forma un mínimo de oxidación, llamándose así *Protóxido de hierro*.

| | | |
|---|---|---|
| El cálculo da | Peso del átomo de hierro. . . | 56 |
| | Peso del átomo de oxígeno. . . | 16 |
| Peso molecular del protóxido de hierro. . . | | 72 |

O bien tomando el 100, como á tipo le correspondería.

| | |
|---|---|
| Hierro. . . . | 77'78 |
| Oxígeno. . . . | 22'22 |
| | 100 |

También eran en gran cantidad las piedras meteóricas de hierro, esparcidas por el suelo de Méjico, más los españoles al establecerse en aquel país después de la conquista llevada á cabo al mando de Hernán Cortés, tomaron por su cuenta, el que desaparecieran estos fragmentos meteóricos, utilizándolos sus herreros, sin tratar de analizarlos y cuidarse de su origen celeste.

Procedente de esta clase de hierro, era la espada, ofrecida al gran patriota Bolivar, como alta prueba de la gratitud de un pueblo.

En Africa, los moros de la orilla del Senegal, forjan á veces masas de hierro meteórica cuyo metal se halla maleable. Las tribus africanas, aún aquellas que los viajeros nos han pintado como las más bárbaras, conocían el hierro meteórico.

El mismo citado Nordenskiold, dice que ha presenciado en el Senegal, cómo las hordas indígenas despedazaban un trozo de hierro meteórico para forjarlo.



Con ello siendo *Fe* el átomo del hierro y O el de oxígeno, la fórmula química del Protóxido de hierro será $FeO$ (1).

Sin embargo no es esta la sola combinación que admite el hierro con el oxígeno; puesto que un átomo de aquel puede absorber más de un átomo de oxígeno; lo cual tiene lugar siempre y cuando el protóxido de hierro, se exponga á la influencia del aire: al cabo de un cierto tiempo, el metal oxidado, cambia de color, y pasa al máximum de oxidación.

Semejante efecto tiene lugar, casi instantáneamente, haciendo uso de la esponga de *Chenot*. En este cuerpo, cuyo puede decirse, está preparado de modo de ser un principio de reducción del mineral, el hierro se le ha sujetado á un mínimum de oxidación, y así reune una textura esponjosa, poco compacta, si en este estado, y auxiliados de un cuchillo le separamos una ligera capa, y la ponemos por una extremidad, bajo la influencia de una llama cualquiera, sucederá que el protóxido se enciende instantáneamente, continuando la combustión hasta alcanzar lo último de dicha capa. Además en semejante operación, esta capa de metal, habra cambiado de color, y habrá aumentado de peso; y es que ahora admitirá un máximum de oxidación.

**124. Peróxido de hierro.**—Cuando el óxido ha alcanzado este máximum, entonces se forma el *Peróxido ó Sesquióxido*, y en este caso se compone de un átomo de hierro y un átomo y medio de oxígeno. Su peso viene expresado:

| | |
|---|---|
| Peso de un átomo de hierro. . . . . . | 56 |
| Peso de un átomo y medio de oxígeno. . | 24 |
| | 80 |

O bien si se quiere tomar el núm. 100 como á tipo del peso del *Peróxido*, será

| | |
|---|---|
| Hierro.. . . | 70 |
| Oxígeno. . . | 30 |
| | 100 |

La fórmula será $FeO+\frac{0}{2}$; más al objeto de evitar que entre la fracción, se prefiere expresarla por $Fe^2O^3$ doblando

(1) El protóxido de hierro tiñe de un subido color verde los fundentes y á la presencia de este óxido es debido el color verde que aparece en las botellas afectadas de dicho color.

las cantidades componentes, y así se supone que dos átomos de hierro entran en combinación con 3 átomos de oxígeno; la fórmula $Fe^2O^3$, es la expresión del Peróxido de hierro.

**125. Oxido magnético.**—El Protóxido y el Peróxido pueden considerarse como dos óxidos simples, y ellos son susceptibles de combinarse en iguales proporciones, dando lugar con ello á un tercer óxido, compuesto de una molécula de cada uno de ellos, y así establecer la fórmula que le representa $FeO+Fe^2O^3=Fe^3O^4$, cuerpo que tiene la propiedad de atraer la aguja imantada, y así por este motivo es conocido este nuevo óxido con el nombre de *Oxido magnético*.

Oxido de hierro magnético es el que se forma cuando el hierro arde á una temperatura elevada en el aire ó en el oxígeno; como por ejemplo, durante la combustión viva de un alambre de este metal en una atmósfera de oxígeno puro.

La descomposición de este cuerpo, según Bertolazzi, es la siguiente:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Oxígeno | 6'9 | Protóxido | 20'7 | Peróxido |
| Hierro | 24'1 | | 48'3 | |

Y por tanto resulta por ciento las componentes que siguen:

| | |
|---|---|
| Protóxido. . | 31 |
| Peróxido.. . | 69 |
| | 100 |

Existe aún otra combinación del hierro con el oxígeno y goza de propiedades ácidas; es el ácido férrico expresado por la fórmula $FeO^3$ y su composición es

| | | |
|---|---|---|
| Hierro | 53'84 | ácido férrico |
| Oxígeno | 46'16 | |
| | 100 | |

pero este cuerpo ó combinación no goza de ninguna aplicación dentro la metalurgia del hierro.

**126 Minerales de hierro.**—Los óxidos de hierro unidos á los óxidos terrosos, ya sean combinados, en aleación y mezcla forman lo que se llaman minerales de hierro, y son los únicos explotables, lo propio que el carbonato de protóxido. En cuanto á los sulfuros de hierro, su tratamiento resultaría demasiado caro, aparte de que darían hierro de mala calidad, así es que á pesar de estar abundantemente esparcidos en la Naturaleza, no se les emplea para obtener el metal férreo



Los principales minerales de hierro que se benefician y se emplean en los hornos metalúrgicos, pueden concretarse á los siguientes: (1).

a) *Hierro magnético* ó hierro proto-peroxidado, llamado por Haüy Hierro oxidulado, porque contiene menos oxígeno que el Peróxido, y más que el Peroxidado, distinguiéndose por su propiedad magnética: es de un color negro metaloideo, fractura desigual, raspadura negra.

Roca compuesta ó granujienta, magnética, de polvo negro, que forma masas estratiformes en los gneis, en las pizarras y en los melafidos de los montes Urales, así como en las montañas primitivas de Suecia, Noruega, Suiza é isla de Elba. Abunda también en España, extrayéndosele de Marbella, y surte las ferrerías de Málaga. Del propio modo se le encuentra en la América del Norte, en el lago Champlain (E.-Unidos) y en New-Jersey.

Las masas del óxido de hierro se presentan irregulares, como en disposición de montones considerables en los terrenos antiguos, pero en especial en los *esquistos micáceos*.

Este mineral afecta en la forma primitiva de sus cristales, el del octaedro regular, cuando está diseminado en los terrenos últimamente mentados, apareciendo sus cristales muy bien acabados.

Por lo regular, dicho mineral es muy rico en hierro, y éste es de la mejor calidad, pero en cambio ofrece no pocas dificultades la reducción, más quizás que todo otro mineral de hierro; sin embargo se corrige este inconveniente echando mano de una calcinación oxidante, que le transforma en sesquióxido.

(1) Para que una sustancia que contenga hierro se la pueda considerar útil como mineral explotable, precisa que cumpla determinadas condiciones, cuales las principales son: Que no contenga elementos extraños de tal índole que al encontrarse de tal modo unidos con dicho hierro, no sea dable separarlos, ó bien que lo hagan de tal modo, alterado en sus propiedades, hasta el punto de estar inutilizado para su uso La cantidad de hierro que contenga el mineral ha de ser lo suficiente crecida, que ofrezca garantía para que su rendimiento pueda cubrir todos los gastos de explotación, extracción y transporte, amén de considerar después el tanto beneficiado.

Por lo regular se le exige al mineral que contenga al *mínimum*, un 30 por 100 de hierro, pues menos de esta cantidad no tiene cuenta su extracción en el mayor número de casos.

| VARIEDADES | |
|---|---|
| Hierro magnético cristalizado | Sus cristales son dodecáedricos, romboidales ú octaedros más ó menos cristalizados. |
| Granular ó arenáceo. | En capas, en rocas de basalto y en los bordes de los ríos y torrentes. El color de esta arena es negro, su superficie áspera, un poco brillante, su forma en granitos angulares, en pequeños octaedros. Peso específico 4'6, Composición según Klaproth. Oxido de hierro. . 85'5; Oxido de Titano. . 14'0; Oxido demanganeso 0'5. — 100 |
| Con riñones. . . | Se halla diseminado en ciertas rocas talcosas. |
| Hojoso compuesto. | A esta variedad la llaman *imán-terroso*, negro azulado, opaco, desmenuzable, brillante, de fracción desigual, con granos finos. Titanífero ó que contiene Titano; está en masa en el estado de arena. |

b). *Hierro Oligisto* (Peróxido de hierro). Cristalino ó terroso de polvo rojo ó violado, que se halla en masas ó enfilones en los terrenos antiguos y de transición, constituyendo algunas variedades, pero que algunos mineralogistas han dividido esta especie en dos subespecies, cuales son: *Hierro especial común* y *Hierro micáceo.*

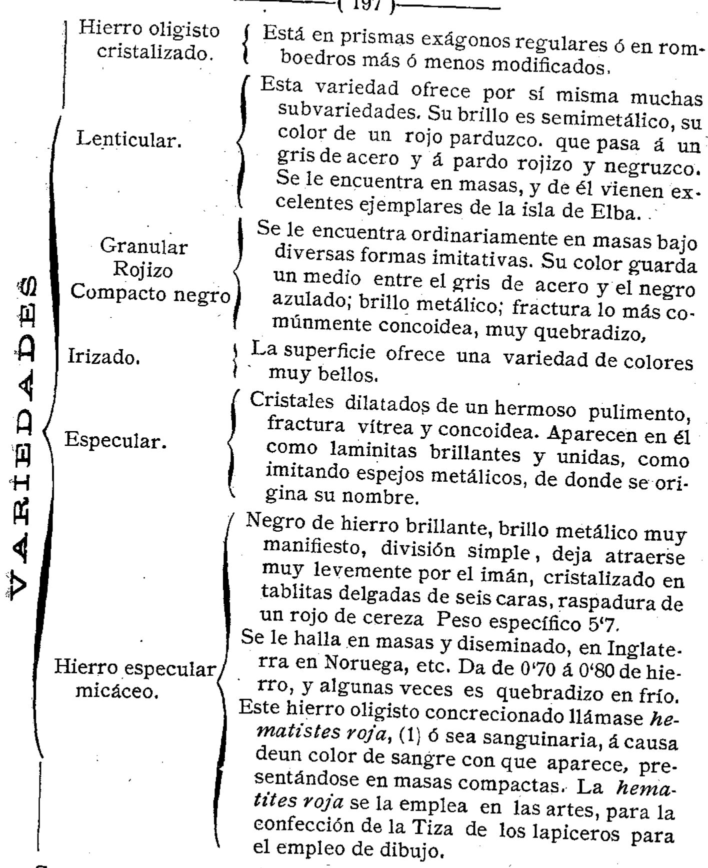
El hierro oligisto propiamente dicho, tiene un aspecto metaloideo, gris de acero en la fractura; atrae levemente al imán, su polvo es pardo, ó violáceo, su peso específico 5'10, sus cristales derivan de un romboedro obtuso.

| Composición. | | | |
|---|---|---|---|
| | Peróxido de hierro. . | 71 á | 93. |
| | Sílice y tierra.. . . | 29 á | 7. |
| | | 100 | 100 |

De lo cual se infiere poseer el mineral un 50 á 65 de hierro puro.

También se presenta en los terrenos antiguos formando grandes montones, como sucede en la isla de Elba. Se le halla también en la parte meridional de España, provincia de Sevilla; en el centro de Extremadura y en las montañas que separan las cuencas del Guadiana y Guadalquivir. El hierro de España es muy apreciado por sus excelentes cualidades, y tal es así, que alimenta los altos hornos de Francia, Inglaterra, Bélgica y Alemania; en esta última existe también el hierro olítico, en Westphalia, Hartz, Turingerwald y otras.





| VARIEDADES | |
|---|---|
| Hierro oligisto cristalizado. | Está en prismas exágonos regulares ó en romboedros más ó menos modificados. |
| Lenticular. | Esta variedad ofrece por sí misma muchas subvariedades. Su brillo es semimetálico, su color de un rojo parduzco. que pasa á un gris de acero y á pardo rojizo y negruzco. Se le encuentra en masas, y de él vienen excelentes ejemplares de la isla de Elba. |
| Granular Rojizo Compacto negro | Se le encuentra ordinariamente en masas bajo diversas formas imitativas. Su color guarda un medio entre el gris de acero y el negro azulado; brillo metálico; fractura lo más comúnmente concoidea, muy quebradizo, |
| Irizado. | La superficie ofrece una variedad de colores muy bellos. |
| Especular. | Cristales dilatados de un hermoso pulimento, fractura vítrea y concoidea. Aparecen en él como laminitas brillantes y unidas, como imitando espejos metálicos, de donde se origina su nombre. |
| Hierro especular micáceo. | Negro de hierro brillante, brillo metálico muy manifiesto, división simple, deja atraerse muy levemente por el imán, cristalizado en tablitas delgadas de seis caras, raspadura de un rojo de cereza Peso específico 5'7. Se le halla en masas y diseminado, en Inglaterra en Noruega, etc. Da de 0'70 á 0'80 de hierro, y algunas veces es quebradizo en frío. Este hierro oligisto concrecionado llámase *hematistes roja*, (1) ó sea sanguinaria, á causa deun color de sangre con que aparece, presentándose en masas compactas. La *hematites roja* se la emplea en las artes, para la confección de la Tiza de los lapiceros para el empleo de dibujo. |

Se prepara artificialmente el peróxido de hierro, calcinando el sulfato de protóxido del mismo metal; se desprenden ácidos sulfuroso y sulfúrico, y queda peróxido de hierro en forma de un polvo rojo.

$$2\,(SO^3.\,FeO) = Fe^2O^3 + SO^3 + SO^2$$

El Peróxido de hierro preparado así, se llama *colcotar*, y se emplea en la pintura al óleo; sirve también para pulir la plata y dar el último pulimento á los espejos, en cuyo caso es necesario obtenerlo muy dividido, y despojarlo enteramen-

(1) *Hematites*, del griego hœma. hœmatus; sangre.

te de pequeños fragmentos que rayarían el metal ó el vidrio: esto se consigue por medio del lavado sistemático, cuyo se llama *levigación*. El Peróxido de hierro presenta un color tanto más intenso, cuanto mayor sea su estado de agregación.

Se obtiene el Peróxido de hierro en forma de laminitas cristalinas casi negras y muy brillantes, calcinando en un crisol 1 parte de sulfato de hierro y 3 de sal marina, y tratando en seguida la materia por agua hirviendo.

c) *Hierro hidroxidado*. Roca oolitica ó terrosa que comprende las diversas variedades de *limonita*, *ocre claro*, *hierro de pantano*.

El hierro hidratado debe considerarse como una combinación del Peróxido de hierro con el agua. Se conoce en las artes con el nombre de *trematites parda*; tiene un aspecto litoideo no metálico, de color pardo más ó menos oscuro, que á veces tira á negruzco y pasa al amarillo; su polvo es amarillo y pasa á rojo por la calcinación. Peso específico 3'37. Cristales que derivan del cubo.

| Composición. | | |
|---|---|---|
| | Hierro peroxidado. . | 80 |
| | Agua. . . . . . . | 20 |
| | | 100 |

**VARIEDADES**

| | |
|---|---|
| | El hierro hidratado va muchas veces unido con sustancias arcillosas |
| | Hidrato cristalizado en cubos ó en octaedros. |
| Pseudomórfico. | En cristales cúbicos, en bolas cubiertas de cristales debidos á la descomposición del sulfuro de hierro; en dodecaedros de triángulos escalenos, incrustados sobre carbonato calcáreo; en fin, modelado en conchas, madréporas, etc. |
| Fibroso. | Sus fibras ya se estrechan unas con otras, ya se esparcen en el cuarzo; casi siempre contienen manganeso y se presentan bajo diversas formas imitativas. Su color es pardo de clavo, opaco, quebradizo, brillante en lo exterior y poco en lo interior. Peso específico, 3'9. |
| Compacto. | Textura nada fibrosa, que algunas veces forma especies de riñones geodicos; tiene en este caso el nombre de *Piedra de águila*. Forma masas oolíticas, hallándose en glóbulos tenaces y aglomerados. Se sacan 0'50 de buen hierro en barras. |



**VARIEDADES**

| | |
|---|---|
| Granulado ó terroso. | Se halla en capas en terrenos recientes, unido á conchas antiguas: el volumen del grano varía desde el de un guisante al de un grano de pólvora, y siempre es más ó menos rojo. La tierra arcillosa que le sirve de ganga es amarillenta; la estructura de este grano es compacta y á veces fibrosa. |
| Poliedrico . . | Producido por retracción desecándose. |
| Hierro pardo de ocre. | Pardo amarillento, fractura terrosa, manchadiza, endible, mate en masas. |
| Rojo fibroso ó ematites roja. | Color entre el rojo pardo y el gris de acero, en masas y bajo muchas formas imitativas; brillo metálico, opaco, quebradizo, raspadura roja de sangre. Peso específico 4'74. Este mineral de hierro fundido, muy bueno y maleable, su polvo se emplea para pulir las vasijas de plata, oro y estaño. |
| Cenagoso. | Se debe á la más moderna formación; se atribuye su origen á los depósitos sucesivos operados por las aguas que tienen en disolución sustancias ferruginosas en parajes pantanosos; así se ha dividido en tres subvariedades.<br>1.° *Hierro de pantanos*. Pardo amarillento, algunas veces triable, otras de moléculas casi adherentes, suave al tacto, manchoso, de fractura terrosa.<br>2.° *De parajes cenagosos*. Pardo amarillo oscuro, amorfo, vesicular y acribado, mate en el interior, muy desmoronadizo, fractura terrosa. Peso específico 2'944.<br>3.° *De Pradera-Limonoso*. En masas, en granos, acribado, color pardo negruzco, cuando está recién quebrado, esta fractura no es perfectamente concoidea, con pequeñas cavidades, pesado, desmoronadizo, algo quebradizo. |

d) *Hierro carbonatado*. Se conocen dos variedades! la *espática*, de los filones de textura cristalina, cuya densidad es 3'8, y la fórmula $FeO^2CO^2$ ó sea 45 por 100 de hierro; y la *litoide*, de origen sedimentario.

Los animalillos llamados *Diatomeas*, especialmente la *gaillonella ferruginea*, tiene la propiedad de asimilarse el hierro y la sílice, que entran á formar parte de su caparazón. El hierro de los pantanos proviene muchas veces de la acumulación de una cantidad inmensa de caparazones de esta *Diatomea*, y lo propio puede decirse de la materia amari-

llenta y viscosa que cubre á menudo los arroyos y las aguas estancadas.

El hierro *espático* se subdivide á su vez en dos variedades: el *laminar* el uno, el cual es abundante, y el fibroso el otro, de fibras rectas, sueltas, aunque reunidas: ésta viene constituyendo muchas veces riñones, cuya fractura es radial.

El color del *espático* es el de gris blanquecino, ó también amarillento: las diversas entonaciones del color rubio dorado, raras veces el del bayo oscuro.

La raspadura, de un color gris blanquecino, así como también el del polvo, que puede desprenderse.

| | | |
|---|---|---|
| Composición. | Protóxido de hierro . . | 38'40 |
| | Protóxido de manganeso.. | 25'10 |
| | Acido carbónico.. . . . | 36'50 |
| | | 100 |

El precedente análisis, traducido en fórmula atómica es

$$3FeOCo^2+2MnOCo^2.$$

Algunas veces el Protóxido de manganeso está sustituído en su totalidad, ó ya en parte, por el Protóxido de magnesia, como lo expresa el siguiente análisis de Breithanjot:

| | | |
|---|---|---|
| Composición. | Protóxico de hierro. . . | 35'13 |
| | Magnesia. . . . . . . | 20'64 |
| | Acido carbónico. . . . | 44'23 |
| | | 100 |

Cuya fórmula correspondiente es $FeOCo^2+MgOCo^2$.

De todos modos, la cantidad de Protóxido de hierro que el mineral contenga, siempre vendría acompañada de un carbonato de manganeso ó de magnesia, por cuya razón dicho mineral proporcionará acero natural.

En cuanto á la segunda variedad, esto es, el *hierro litoide*, aparece de distinto modo, de aspecto pétreo, debido á la presencia de la arcilla, cuyos elementos (sílice y alúmina) no forman ya carbonatos. Su color aparece pronunciado por lo oscuro, que el espático rara vez coloreado del amarillo rubio. Su fractura terrosa y granular, el rayado y el polvo grises, es menos denso que el espático, pues su densidad alcanza 3 á 3'5.



Pertenece á los terrenos hulleros, apareciendo más ó menos abundante allí donde sitúa aquel combustible; en donde alterna con las capas hulleras, en forma de riñones aplanados, dispuestos en bancadas de poco grueso, explotándosele al hacerlo con el mineral.

La composición del hierro *litoide*, es muy variable, más los elementos esenciales, y como de carácter empírico, son la sílice y la alúmina, pero admitiendo también los carbonatos de manganeso, de magnesia y de cal, aunque en menor dosis que el hierro espático. Así, el hierro litoide, no es tan bueno para la producción del acero. El promedio de su composición puede sintetizarse en lo siguiente:

| | | |
|---|---|---|
| Composición. | Acido carbónico.. . . . | 31'10 |
| | Protóxido de hierro. . . | 45'30 |
| | Protóxido de manganeso. | 1'60 |
| | Cal. . . . . . . . . . | 1'00 |
| | Magnesia. . . . . . . | 0'60 |
| | Sílice. . . . . . . . | 15'30 |
| | Alúmina. . . . . . . | 5'10 |
| | | 100 |

Tales son los únicos minerables explotables para la obtención del hierro.

**127 División de los minerales en dos grandes agrupaciones.**—Estos minerales descritos, pueden ahora dividirse, bajo el punto de vista de la preparación del hierro, en *Terrosos* y *Espáticos*, siendo los primeros formados por el hidrato de protóxido de hierro. comprendiendo los segundos los silicatos, carbonatos, etc.

Los minerales terrosos se escogen, quebrantan y lavan.

Los espáticos se tuestan, para separarle el ácido carbónico y el agua que contienen.

Verificadas estas operaciones preliminares, se procede á poner en práctica la metalurgia del hierro, la cual consiste en reducir á dichos minerales por el carbón y en separar el hierro reducido de la *ganga* (1). Dos procedimientos hay para este objeto.

Primero. El método Catalán.
Segundo. El método de los Altos hornos.

(1) *Ganga*. Esta palabra, derivada de la alemana *Gang*, que signi-

**128. Método Catalán.**—Con este procedimiento se logra el hierro de una manera directa; esto es, sin necesidad de pasar por el intermedio de la fundición, pero precisa para ello que se cuente con minerales muy ricos en hierro, para que pueda obtenerse directamente el hierro dúctil, con sólo calentar el mineral, en contacto con carbón; en semejante caso la ganga se combina con una porción del óxido de hierro; que se sustrae á la reducción y forma un silicato doble, muy fusible de alúmina y protóxido de hierro; no siendo necesario para ello que la temperatura sea muy elevada; el hierro no pasa al estado de fundición, bastando forjar ó batir á martillo el metal esponjoso que resulta, exprimiendo así la escoria y comunicarle la agregación necesaria. El párrafo número 23 referente al capítulo 1, que trata de la Historia del hierro, nos describe, aunque brevemente, la *Forja Catalana,* y en su funcionamiento hemos visto que bajo la acción de la corriente de aire que pasa por la tobera, el carbón arde y se oxigena para convertirse en ácido carbónico, desoxidándose después para convertirse en óxido carbónico, el cual, al contacto del mineral vuelve á convertirse en ácido, que escapa por la atmósfera, cayendo el hierro metálico en el fondo del crisol, así como también la ganga fundida, y ésta, como más ligera, sobrenada bajo forma de escoria, saliendo en seguida por el orificio de *Chío.* Este trabajo necesita un tiempo de 6 horas, precisando luego, según también se lleva indicado llevar la *goa* al yunque, donde con martillos se desgajan las escorias que hayan quedado pegadas en la bola de hierro.

Mas volvemos á insistir que dicho procedimiento sólo es dable su empleo cuando se cuente con minerales muy ricos: pues resulta poco económico por la gran cantidad de calor perdido, así como de mineral convertido en escorias, necesitando por cada kilogramo de metal, unos diez de combustible; además ocasiona un gasto relativamente exagerado de combustible.

El procedimiento Clay, es exactamente igual al indicado

---

fica *filón,* la usan los mineralogistas para designar la sustancia mineral que envuelve la materia metálica, sea que estén en filones, ó que se hallen los minerales constituyendo rocas, en cuyo interior se encuentren.



de la Forja Catalana, con sólo la variante, de que la operación se hace en horno cerrado.

Por los motivos anteriormente expresados, no se emplea sino raramente el método catalán, y en caso de practicarlo sólo tiene lugar en localidades favorecidas por las circunstancias de su suelo, como en los Pirineos, en Córcega y en algunas provincias españolas; en ellas, pues, se obtiene la extracción directa del hierro en estado de metal dúctil.

**129. Método de los altos hornos.**—En los altos hornos se extrae el hierro de su mineral, del modo más completo posible, recurriendo á temperaturas prodigiosamente elevadas; entonces el hierro se combina con cierta cantidad de carbono, formando una combinación de hierro colado ó *fundición,* mucho más fusible que el hierro.

El alto horno lo forman (F.ª D″) dos conos truncados; uno directo A, otro invertido B, superpuestos en sus bases CD; el primero A, llamado *cuba*, de mucha mayor altura, y el segundo B, conocido por *etalages,* del horno destinado á soportar con ventaja una parte del peso del mineral y combustible, al mismo tiempo que á facilitar la ascensión del viento disminuyendo en el centro la presión de la masa. Se tiene buen cuidado en la construcción de este horno, que la unión interior de los dos conos se haga suavemente por medio de una superficie curva, adicional, que sea de acuerdo con aquellas dos cónicas, al efecto de cortar el ángulo entrante que resultaría de dejarlos simplemente superpuestos.

Mas para poder resistir y concretar la gran temperatura que pueda desarrollarse en semejante horno, se reviste á la *cuba* de un doble revestimiento E de ladrillos refractarios, aunque separados uno de otro, con una capa F de escoria (1) machacada, atención hecha á que el segundo revestimiento se encuentra directamente en contacto con la fábrica de sillería G, ó de ladrillo común que constituye el *macizo* del alto horno.

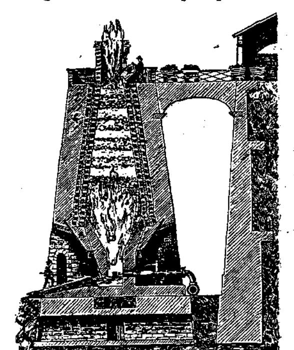
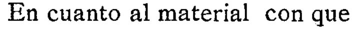


Figura D″

En cuanto al material con que



(1) *Escoria.* La hez que dejan los metales al fundirse, y que se vitrifica en su superficie.

está construído el cono B, queda simplemente concretado á que sea de difícil fusión, como las piedras cuarzosas, eligiéndolas de las mejores cualidades, por ser el *etalaje*, el detalle de más importancia dentro del conjunto, dependiendo de él, la duración del aparato, así como la mayor ó menor bondad de los resultados que se obtengan; más también en lugar de la piedra cuarzosa, puede emplearse obra refractaria.

*Boca* ó *Tragante* del horno, es el hueco circular que deja la sección de base superior del tronco de cono A, y en esta boca I se adapta una chimenea cilíndrica H, en la cual van practicadas una ó más aberturas J, desde las cuales se lanza el mineral y combustible para la debida carga del horno.

Los etalajes se comunican con el *crisol* K, por medio de la *obra* ó *laboratorio* L, constituyendo éste un espacio cilíndrico construído con material refractario, cuya pared llega al fondo del crisol en sus tres cuartas partes, mas en la otra restante M, llamada Timpa, se detiene á algunos decímetros antes de alcanzar dicho fondo, sostenida por cuatro piezas de hierro empotradas en las paredes de la obra.

La solera del crisol la constituye una piedra de cuarzo, debajo de la cual se practican aberturas P, por las cuales circula el aire debajo del horno, amén que para evitar el enfriamiento del crisol y prevenir desgraciados accidentes, se sustenta el macizo del alto horno sobre galerías abovedadas O-O, etc., así también se corta la acumulación del agua en dicho sitio, principio inicial de aquellos contratiempos.

A un lado del fondo del crisol se dispone un orificio de salida, el cual lo termina en parte una losa ó *Dama N*, sobre la cual se vierten las escorias al desalojarse del horno.

Parte *anterior* del horno, es aquella en donde se halla dispuesta la *Timpa* y la *Dama*. La pared opuesta á ésta es la parte *posterior*; mientras que las otras dos son las *laterales*. Ahora bien; en la pared *posterior* y *laterales*, hay precisamente las aberturas que dan paso á las boquillas de *Tobera* que ingresan el aire en el horno: estas aberturas ú orificios están designados por la letra $x$, y conviene que se establezcan al mismo nivel, y algo más elevado que el borde inferior de la *Timpa*.

Finalmente las galerías Q. Q. facilitan la entrada de los operarios y llegar al *laboratorio* del horno, poder registrar las toberas, así como aproximarse al crisol siempre y cuando convenga.



Lo primero que procede para hacer uso del alto horno, dado caso de que éste sea recién construído, es *desecarle*, pero de una manera lenta y sucesiva, y de ninguna manera rápida, pues la precipitación en semejante faena alteraría algún tanto el macizo de la fábrica, agrietándola, acelerando con ello el término de duración del aparato. Para realizar semejante operación, se disponen en el crisol y en el espacio abovedado que le antecede, haces de leña á los cuales se prende fuego; en esa operación la *cuba* hace las veces de chimenea, y gracias al calor desprendido se va secando la *camisa* ó primer revestimiento E, y luego el macizo mismo del citado horno. Semejante operación tiene algunos días de duración, hasta que haya indicios suficientes para asegurarse de una completa desecación, y así no temer la aparición de grietas cuando actúe un calor más fuerte. Cumplido ya semejante requisito se coloca en su sitio la *Dama N*, y se echa combustible por el tragante, hasta alcanzar la altura de los etalajes, luego se acaba de llenar la cuba con el combustible que se ha de emplear para fundir el mineral, y se empieza á lanzar viento. inyectándolo con máquinas soplantes de gran fuerza, cuando la marcha del alto horno sea la normal y en este caso conviene calentar dicho aire antes de llegar al horno, valiéndose para ello de aparatos especiales que se adaptan junto á la rejilla.

Sin embargo, al principio de la operación, el viento no tiene gran velocidad relativa y se va aumentando poco á poco, y cuando el combustible, esto es, el carbón, haya bajado lo bastante en la cuba formando lecho á propósito, entonces se echará la carga de mineral, que se cuidará de extenderla uniformemente sobre el combustible; se lanza al cabo de poco tiempo nueva carga de carbón, y luego otra de mineral y así alternando sucesivamente.

Al principio las cargas de mineral son pequeñas, aumentándolas después progresivamente; más de todos modos, precisan transcurrir algunos días hasta que se pueda dar á estas cargas el peso normal que han de conservar durante todo el tiempo que preste servicio el horno.

Sin embargo en el mayor número de casos es insuficiente el carbón para producir la desoxidación y separación de la ganga en los minerales, pues si bien es cierto que la ganga aparece más fusible que el hierro, por cuya razón parece también se ha de poder separar fácilmente de aquel, muchas

veces hay que aumentar la fusibilidad empleando substancias llamadas *fundentes*, que tienen la propiedad de combinarse con las substancias menos fusibles de la ganga, formando un conjunto que se liquida á más baja temperatura, aun cuando la composición de los fundentes varía con la de la ganga.

Así pues, se cargará el horno lanzando en su interior desde el *Tragante*, carbón y mineral mezclado con un fundente silicioso cuando la ganga del mineral es caliza, ó con un fundente calizo (castina) cuando predomina la ganga silícea ó arcillosa. En el primer caso, la sílice se combina á una temperatura elevada, con la cal y la alúmina, produciendo silicatos fusibles; y en el segundo la cal sirve para reemplazar al óxido de hierro, que formaría con la sílice un silicato fusible que no podría reducirse por el carbón. En ambos casos, el hierro reducido se une al carbono, y constituye la fundición, que cae á la parte inferior del horno, donde queda recubierto por las escorias formadas de silicatos de hierro, de cal y de manganeso en proporciones definidas

El horno con ello, se continúa cargando á medida que la masa candente va bajando y la fundición es sacada á fuera. Esta se conduce primero á una cavidad colocada debajo del punto al que llega el aire de la tobera, y se divide en este *crisol* en metal, que gana el fondo, y en escoria, que sobresale por los bordes. Cuando el crisol está lleno de hierro, se vierte la fundición y se le conduce á canales ó surcos abiertos en la arena sobre el suelo de la fábrica, y por los cuales corre, pasando del canal central á otros normales á él. En esta especie de moldes se solidifica en barras, siendo la central la más gruesa, llamada *Puerca*, y las otras menores ó *lingotes*. Este es el hierro llamado de primera fusión.

Referente á las reacciones que tienen lugar en general durante el funcionamiento de los altos hornos puede reducirse á las siguientes evoluciones.

En un alto horno hay que considerar dos clases de cuerpos en contacto íntimo y moviéndose en sentido contrario: por una parte los *gases* producto de la combustión que se efectúa en la parte inferior del horno á favor del aire inyectado por las toberas, y por otra los *sólidos* (mineral, fundente y combustible) que se introducen por el tragante; este contacto prolongado de ambas clases de cuerpos moviéndose en sentido contrario, hace que el aprovechamiento del calor producido sea muy perfecto.



*Movimiento ascendente de los gases.*—En las cercanías de las toberas el carbono se convierte en anhídrido carbónico á expensas del oxígeno del aire inyectado por ellas $C + O_2 = CO_2$. Este gas carbónico, al elevarse en el interior del horno, se encuentra con carbón incandescente que le hace pasar al estado de óxido de carbono $CO_2 + C = 2\,CO$. Este, al llegar á la cuba reduce al mineral que se halla á la temperatura del rojo sombra, pasando de nuevo al estado de anhídrido carbónico $FeO + CO = Fe + CO_2$. El $CO_2$ resultante convendría que no pasara de nuevo á CO en las regiones superiores del horno, pues lo hace á expensas del combustible ($CO_2 + C = 2\,CO$) ocasionando un consumo inútil del mismo; no obstante esto es inevitable, de manera que los gases que se escapan por el tragante son combustibles y se utiliza el calor que producen al arder, en hornos convenientes llamados recuperadores para calentar el aire que debe inyectarse por las toberas, con lo cual se aumenta considerablemente la temperatura de la combustión.

A cualquier altura que consideremos los gases en el alto horno, los hallaremos constituídos en distinta proporción, según la altura por $CO_2$, CO, N y H, que proviene del vapor de agua contenido en el aire inyectado por las toberas y de los carburos de hidrógeno que contiene el carbón. Además del CO existen otros gases reductores, tales como el metano y vapores de ácido cianhídrico y cianuro potásico.

*Movimiento descendente de los sólidos.*—Consideremos la columna descendente constituída por capas alternadas de *mineral*, *fundente* y *combustible*.

El *mineral* podrá ser un óxido (hierro magnético, hierro oligisto, hematites roja), un hidrato (limonita, hematites parda), ó un carbonato (hierro espático, siderosa). En el segundo caso, además del oxígeno, habrá que quitarle al mineral el agua de composición, y en el tercero el anhídrido carbónico.

El *fundente* variará según sea la ganga; si ésta es silícea, el fundente debe ser el carbonato de cal (castina), si fuere calcárea, el fundente será silíceo (erbua).

El *combustible* casi exclusivamente empleado es el cok; en Alemania se empleaba antes el carbón de madera; la antracita se emplea á veces en lugar del cok; la hulla casi nunca. Empleando el carbón de madera, la altura del horno era de unos 10 metros, hoy llega á 28 metros y más, pues es preciso alcanzar temperaturas mucho más elevadas para la fu-

sión de la escoria, que debe contener un exceso de cal necesario para retener el azufre que contiene el cok.

El mineral, para transformarse en fundición, pasa por tres fases sucesivas: *reducción*, *carburación* y *fusión;* pero antes el mineral que al ser introducido en el horno es frío, debe alcanzar la temperatura conveniente para que la reducción empiece á verificarse, y como no siempre se introduce seco en el horno, y en el caso de minerales hidratados (limonita, hematites parda) contiene agua de composición, existe en la parte superior del horno una *zona de desecación previa*, en la que el mineral pierde el agua que le acompaña; si se trata simplemente de humedad la perderá á una temperatura poco superior á 100°, mientras que si es agua de composición será preciso una temperatura de 400° á 500°. Esta evaporación del agua absorbe calor haciendo disminuir la temperatura de los gases en el tragante, y esto explica las variaciones de la misma entre dos cargas sucesivas, oscilaciones que á veces pasan de 100°.

Cuando el mineral ha alcanzado la temperatura conveniente empieza *la reducción*. Esta puede efectuarla el óxido de carbono ó bien el carbono.

$$FeO + CO = Fe + CO_2$$
$$FeO + C = Fe + CO \ (1)$$

En el segundo caso la reducción debe efectuarse á una temperatura más alta, y el gasto de calor es mucho mayor, de manera que la economía de combustible será tanto mayor cuanto más se verifique la reducción por el CO, y menor por el C; pero para que la reducción por el CO pueda verificarse, es indispensable que el mineral no se halle fundido ni escorificado, pues á partir del momento en que empieza la fusión, la acción del CO es sustituída por la del carbono sólido. Aunque débil, la reducción empieza á unos 300°, aumentando luego con la temperatura.

Antes de que la reducción del mineral sea completa empieza la *carburación*. Estos dos fenómenos se verifican simultáneamente y de un modo gradual (del exterior al interior) en cada trozo de mineral; el exterior puede estar ya transformado en carburo de hierro cuando todavía el centro se halla al estado de óxido.

(1) Según Akerman, el óxido férrico ($Fe_2O_3$) por la acción del óxido de carbono se convierte en óxido magnético ($Fe_3O_4$) á 450° y el protóxido ($FeO$) se obtiene á los 850°, la reducción completa no se obtiene antes de 900°

$$3\,Fe_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2$$
$$Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2$$



A una temperatura variable según la composición del fundente y del mineral empieza la *escorificación*, y al mismo tiempo el hierro reducido, en contacto con el carbono incandescente se combina con él, disminuye su temperatura de *fusión*, y ésta empieza á verificarse; este fenómeno tiene lugar entre 1100° y 1200°. La escoria que se forma por la combinación de la ganga y del fundente es esencialmente un silicato doble de aluminio y calcio.

A medida que las materias semi-fundidas descienden, su temperatura aumenta, y con ella la afinidad del C y el O; á la temperatura del blanco el C reduce los óxidos disueltos en la escoria y pone en libertad el P*h* y según las circunstancias una corta cantidad de S*i* y M*n*.

Las materias fundidas llegan por fin á la región en que se produce la combustión y caen goteando á través de los trozos de combustible, fenómeno fácil de observar mirando por el orificio de las toberas. Las materias líquidas se reunen en el crisol y se separan por su densidad, la fundición en el fondo y la escoria encima. Cuando la escoria llega al borde superior de la dama se derrama por el plano inclinado, de donde se va separando á medida que se solidifica; hoy es más frecuente dar salida á la escoria por agujeros tapados con barro que se abren de cuando en cuando, con lo cual el horno se conserva caliente con menos gasto de combustible. Cuando el crisol está lleno se le sangra por el agujero situado en la base y cerrado de ordinario con arcilla, y se vierte el metal en pequeños canales semi-cilíndricos cuya forma toma (1).

(1) Conviene advertir que la fundición y escoria caen por completo mezcladas en el fondo del crisol, separándose luego en virtud de sus respectivas densidades, ocupando la fundición la parte más inferior, al paso que la escoria pasa á la superior, mas como quiera que esta aumenta en cantidad mucho más que aquélla, no tarda en exceder al nivel superior de la dama, rebasándola, y se derrama por la pendiente *m n* dispuesta á propósito, que conduce al piso del taller, de donde la va separando el operario con una suerte de batidera á medida que se solidifica. Sin embargo conviene conservar sobre la fundición una capa de escoria para evitar que se oxide con el viento de la tobera.

En las grandes fábricas ó instalaciones, son varios los altos hornos que funcionan, por ser muy considerable la cantidad de producción que se necesita para satisfacer el gran número de pedidos; en este caso dichos altos hornos, próximos unos á otros, están servidos por una misma máquina de viento, la cual influye sobre manera en sus buenas cualidades en la marcha general de las operaciones. A este efecto se tiene buen cuidado á que el motor ó máquina de vapor, reuna la condición de poder desarrollar más fuerza de la que ordinariamente produce en el trabajo ó marcha normal, todo con el fin de prever ciertos accidentes que ocurrir pudieran en los momentos en que el horno sufriera alguna avería, descomponiéndose algún tanto, en cuyo caso, para no malograr el trabajo, sería preciso acudir al recurso de forzar la máquina para impeler más viento á las toberas.

De todos modos siempre se cuenta con un manómetro adjunto al depósito regulador, por el cual el operario puede regular la presión correspondiente, por la cual se viene en conocimiento de la cantidad de aire inyectado.

Cuando la localidad de instalación de los grandes hornos se halle próxima á grandes corrientes de agua, ó saltos de agua, entonces se sustituye su fuerza por la producida por la máquina de vapor, regulándose la marcha de las operaciones por la cantidad de agua que da movimiento á la rueda hidráulica.

Las dimensiones de los altos hornos son distintas según el combustible que se emplea. Los de carbón de leña tienen unos $10^m$ de altura desde el fondo del crisol hasta el tragante, llevando en general dos toberas Cuando es el cok el que se emplea, aquella altura es mayor; alcanza de 15 á $18^m$; la capacidad total de la cuba es también mayor; tiene tres toberas, y la máquina de viento es mucho más potente, pues tiene que lanzar aire sobre una presión más poderosa.

**130. División ó nomenclatura de las fundiciones.** —La fundición no está compuesta exclusivamente de hierro y de carbono sino que contiene además algunos cuerpos extraños, tales como el silicio, manganeso y el fósforo, que ejercen una notable influencia en sus propiedades.

La *sílice* hace que el hierro sea quebradizo en frío.

El *azufre* hace al hierro quebradizo en caliente.

El *carbono* da cuerpo al hierro.

Si se obtuviera hierro perfectamente puro, sería imposible trabajarse en los talleres á las temperaturas de que hoy se dispone.



El hierro de *primera fusión, crudo ó colado*, está cargado de carbono en proporciones variables, dividiéndose en varias clases según la cantidad que de dicho carbono contiene adquiriendo cada una de ellas distintas propiedades: así son:

a) *Fundición Blanca.*—Se produce cuando al salir del horno la fundición se la enfría rápidamente; entonces forma masas metálicas, más blancas que el hierro dulce, pero quebradizas y duras; en ella el carbono está combinado con el hierro, formando un carburo de color blanco agrisado, brillante en su factura. De las varias clases, es la que contiene menor carbono; de 2 á 3 por 100.

En general resulta de la reducción de los minerales manganesíferos, ó del empleo de una gran cantidad de mineral con relación á la del carbón.

Su color blanco de plata, y cuando tiene manganeso cristaliza en pirámides cuadrangulares muy voluminosas. Es muy dura, no se deja impresionar por la lima, y su densidad relativa varía entre 7'44 y 7'84.

Es más fusible que la fundición gris, aun cuando no adquiere tanta fluidez, y tratada por los ácidos no deja residuo de grafito, lo cual manifiesta que el carbono se encuentra en ella en un estado diferente que en las otras fundiciones.

La fundición blanca que se obtiene con carbón de madera y colada en segunda fusión y en crisoles fuera del contacto del aire, sirve para producir objetos finos y delicados, pero sumamente frágiles.

b) *Fundición gris.*—Es la que proviene de un enfriamiento lento al permitir al carbono separarse y cristalizar aisladamente del hierro, bajo forma de hojuelas mezcladas en la masa de aquél, las que dan al conjunto un color gris bastante igual. La fundición gris proviene en general de minerales de buena calidad, y presenta una fractura granuda; es muy porosa, no adquiere jamás buen pulimento, y su densidad varía entre 6'77 y 7'05. Se deja limar, cortar y perforar con facilidad. Tratada por los ácidos, deja un residuo de grafito, menos que la fundicion negra, y contiene una cantidad bastante notable de silicio y fósforo; este último disminuye su tenacidad, pero aumenta en cambio su fusibilidad, haciéndole muy apropósito para obras variadas.

La fundición gris, es más fusible que la blanca y contiene

más carbono y es también más flúida, pero ofrece una textura muy grosera, cuyo defecto lo adquiere al salir del alto horno. Se puede moldear con ella objetos gruesos.

c) *Fundición atruchada.*—Que también se conoce con el nombre de *anitchada y manchada*, presentan estas fundiciones un fondo más ó menos blanco, con manchas más obscuras que la asemejan á la piel de una trucha, esta clase de fundiciones se producen, haciendo coladas, en las que funden por partes iguales lingotes de fundición *gris* y de fundición *blanca*, logrando con la que así resulta, obtención de piezas que reunan las buenas condiciones de ambas. En ella el hierro está combinado y mezclado en parte, siendo por lo tanto un intermedio entre la fundición gris y la blanca.

En las fundiciones atruchadas, la separación del grafitono tiene lugar en toda la masa, sino únicamente en ciertas partes; por eso la materia presenta entonces el aspecto de una fundición blanca más ó menos manchada de fundición gris.

d) *Fundición negra.*—En su rigor esa clase, es la misma que la *gris* aunque mucho más obscura, debiendo su color al carbón mineral con que se ha obtenido, ó al grafito que se distingue en su superficie; es más dulce y consistente que la gris pues se deja impresionar por el martillo y está más fusible y contiene más carbono que la blanca, es más agria ó quebradiza. Tratada por los ácidos desprende una mezcla de hidrógeno y carburo de hidrógeno dejando un residuo abundante de grafito.

**131 Afino.**—El hierro no se funde, pero cuando queda privado de su oxígeno en el alto horno, se alea fácilmente al carbono, formando lo que hemos llamado fundición. De esta fundición convenientemente reducida se obtiene el hierro dulce ó maleable, La operación pues que tiene por objeto decarburar la fundición aproximándola al hierro dulce es la que constituye lo que se llama *Afino* ó *Afinado*.

Semejante operación consiste en quitar á la fundición la mayor parte de su carbón, para esto se la funde en contacto del aire; el silicio, una parte de carbón y una pequeña cantidad de hierro se oxidan para formar un silicato básico, cuyo exceso de óxido acaba por ser reducido por el carbón de la fundición. Esta, empobrecida de carbono y de silicio, es menos fusible y se convierte en masas esponjosas de hierro dulce.

El obrero reune estas masas y las sujeta á la acción del martillo, el cual separa la escoria. Este afinado se hace con carbón de madera.



Hay otro procedimiento que consiste en afinarlo con la hulla. Se empieza por fundir el metal al fuego de *coke* en un horno rectangular. Inyectando aire en la superficie de la fundición y en la masa del coke candente, se despoja ó limpia la fundición sucia de su silicio y de una porción de carbón. El metal así afinado, se funde en seguida en la plaza de un horno de reverbero, debajo de una capa de escorias ferruginosas y batiduras de hierro, y el oxígeno de estas materias quema al carbón de la fundición. Esta última operación es el *puddage*, del nombre del horno llamado *Puddler*.

**132. Preparación del hierro puro.**—Se obtiene hierro puro, reduciendo óxido férrico por el hidrógeno á una temperatura próxima al rojo, ó también reduciendo el cloruro ferroso anhidro, colocado en un tubo de porcelana incandescente por una corriente de hidrógeno. Este se combina con el cloro formando ácido clorhídrico y el hierro queda en forma de una masa gris esponjosa, dotada de brillo metálico en el punto en que toca la superficie de la porcelana.

**133. Distintos estados del hierro, aplicado á las construcciones.**—El hierro es el más importante de todos los metales por las numerosas aplicaciones que tiene en las artes, en las que se le emplea bajo los tres estados siguientes:

Primero. En el de hierro dulce.

Segundo. En el de fundición.

Tercero. En el de acero.

Las diferencias importantes que existen entre estos tres modos de ser del hierro consisten principalmente en la sola diferencia de la dosis de carbono que contienen. Así hasta tres de carbono por mil forman el *hierro* que se *forja, se suelda* y no se *templa*; de tres á quince por mil dan el *acero* que se *forja*, se *templa* y se *suelda mal*; de quince por mil en adelante dan la *fundición* que se *templa* pero *no se puede forjar ni soldar*.

**134. Propiedades del hierro y sus caracteres especiales. Hierro dulce.**—Llámase así por ser el más puro, dúctil y maleable, permitiendo dichas propiedades la operación que se conoce por *Forjar el hierro*, esto es, *trabajar el hierro á la forja* ó Fragua (1), ó lo que es lo mismo *dar*

(1) *Fragua* El fogón en que el herrero tiene la lumbre para forjar

*á una pieza de este metal la primera forma á fuerza de martillo.*

El hierro forjado en barras no es nunca químicamente puro, contiene una pequeña cantidad de carbón, un poco de sílice, de azufre, de fósforo y de nitrógeno. El hierro dulce más puro, es el que se estira y forma las cuerdas de bandurria, ó las puntas de París.

Cuando químicamente puro, presenta poca dureza, pero esta, se aumenta amedida que se le unen cuerpos extraños. A esto se debe que las variaciones de densidad, sean muchas en el hierro, pues este metal no queda libre por la fusión de todas sus impurezas, y muchas veces contiene todavía pequeños glóbulos de escoria; con ello se infiere, que uno de los elementos más importantes para reconocer su naturaleza, ha de ser el grado de densidad que alcanza, aquel que se tiene á mano.

En general la densidad del hierro forjado varía de 7'4 á 7'9. Este metal es muy tenaz, dúctil, maleable. Reducido á láminas, se le llama *plancha*. La plancha cubierta de estaño constituye *la hoja de lata*. Cuando es *zinc*, la capa que cubre el hierro, entonces su nombre es el de *hierro galvanizado*.

El color y aspecto de la fractura del hierro han sido durante largo tiempo los mejores indicios para distinguir sus diversas cualidades.

El color natural del hierro es el gris claro brillante, pero raras veces le vemos en este estado, porque bajo la acción del aire, se cubre rápidamente de una capa de óxido, y tanto más cuanto de mayor humedad venga impregnado dicho aire, cubriéndose de lo que vulgarmente se llama *orín*, el cual viene á ser un hidrato férrico. Este hidrato, formando con el hierro un par voltaico, tiene la propiedad de descomponer el agua; el hidrógeno desalojado por el hierro, se une en parte con el nitrógeno de aire, formando amoníaco.

En efecto se ha observado que el orín, contiene siempre una cantidad de amoniaco. Se admite que la oxidación del hierro mojado por el agua se verifica primero á expensas del oxígeno disuelto en esta agua, y continúa con mayor inten-

el hierro. *Sangrar* la fragua entre los herreros y cerrajeros significa hacer correr por un agujero que con este fin tiene la fragua, la escoria que resulta del carbón y de las heces del hierro.



sidad así que ha formado una ligera capa de hidrato férrico.

El hierro descompone el agua á la temperatura del rojo, poniendo el hidrógeno en libertad. Se disuelve fácilmente en el ácido clorhídrico, con desprendimiento del hidrógeno impuro y fétido. Su oxidación por el ácido nítrico presenta fenómenos curiosos: así, si vertemos ácido nítrico débil, sobre puntas de París muy brillantes, el metal es inmediatamente atacado y se disuelve con un desprendimiento abundante de vapores rojos.

Por otra parte el mismo metal no es atacado por el ácido nítrico muy concentrado. Este líquido amarillo cubre las puntas de París, y no obstante apenas se ven burbujas muy pequeñas desprenderse de la superficie del metal. Si decantamos el ácido concentrado y le reemplazamos por el ácido débil, que siempre le ataca vivamente, ahora ya no le atacará. Lo cual tiene fácil explicación: Dejando el hierro en el ácido concentrado se convierte en *pasivo*, y se cubre de una capa delgada de gas que protege su superficie. Pero basta que le coloquemos en un punto cualquiera con un alambre de cobre, introducido rápidamente en el líquido, para que se manifieste al instante la acción del ácido sobre el hierro.

Estos singulares fenómenos dependen de lo que se llama *pasividad* del hierro.

Si se rompe una barra de hierro, se ve generalmente una textura granulosa (1) y á veces los granos parecen afilados en sus extremos, se dice entonces que hay *arranques*, y esta es la señal de metal resistente. Otras veces los granos, al tiempo de la fractura se han alargado antes de romperse, de manera que el cuerpo del hierro parece una asociación de hilos en dirección perpendicular al plano de la fractura; entonces se dice que el hierro es de *nervio*.

El hierro funde á las temperaturas más elevadas, que pueden producirse en un horno de viento. Reblandecido por un intenso calor rojo, puede soldarse en sí, propiedad muy importante para el trabajo é industria de este metal.

El hierro es atraído por el imán; es por lo tanto magnéti-

(1) Siendo la textura granuda, es tanto mejor en calidad cuanto más puro sea y más brillante aparece el grano.

Después de forjado cambia su estructura en fibrosa, y vuelve á hacerse granuda si se le somete al temple ó se golpea en el mismo sentido de las fibras.

co; pero no susceptible como el acero, de imanarse; es decir, de ser imán.

Se conserva sin alteración en el aire á la temperatura ordinaria. Al rojo absorbe oxígeno y se convierte al óxido negro.

Se puede obtener hierro en forma de polvo negro, muy tenue, reduciendo el óxido férrico muy dividido por una corriente de hidrógeno á una temperatura tan baja como sea posible. En este estado el hierro se inflama en el aire á la temperatura ordinaria; es *pirofórico*.

El hierro cristaliza como casi todos los metales; es también permeable á la acción de los gases cuando se halla á una temperatura elevada.

Los experimentos de Deville han demostrado que el hidrógeno atravesaba un espesor de 3 á 4 milímetros de acero á la temperatura del rojo.

El *ácido sulfúrico* también ataca al hierro: cuando está diluído le oxida á expensas del oxígeno del agua, desprendiéndose hidrógeno; cuando está concentrado y saliente, le ataca oxidándole á expensas de su mismo oxígeno, y por lo tanto se desprende ácido sulfuroso.

El *ácido clohídrico* le convierte siempre en cloruro ferroso, desprendiéndose hidrógeno.

Las circunstancias de que se ha hecho mención anteriormente de no ser químicamente puro el hierro que circula en el comercio, por contener siempre un poco de carbono y con frecuencia señales de cilicio de azufre, ó de fósforo, cuales influyen en su calidad (aun cuando las cantidades sean tan pequeñas, de no poder apreciarse por el análisis), ha motivado á que se procediese á la división de los hierros que circulan en el comercio, en varias clases, dependientes cada una de ellas á la calidad de que vienen acompañados; las más principales son:

1.ª *Hierro blando y tenaz.* Susceptible de doblarse á todas temperaturas sin hendirse, pues es el más dúctil de todos ellos; sus fibras son de un color blanco agrisado; es también el más puro; pero sometido al calor de la fragua, una parte del óxido que se forma en la superficie penetra en su interior y le hace gris y quebradizo

2.ª *Hierro duro y tenaz.* Permite doblarse en todas direcciones, en frío y en caliente, sin hendirse, pero es menos dulce que el anterior, sus fibras tienen un color blanco de



plata, perceptible únicamente en los fragmentos de pequeño volumen. Adquiere mejores propiedades en las fraguas, sin duda porque contiene mayor cantidad de carbón, el cual reduce á hierro metálico el óxido que penetra en su interior.

Variedad del hierro dulce, que se quiebra con facilidad á causa de pequeñas cantidades de azufre ó sílice que contiene, procedente el primero de minas sulfurosas ó carbones piritosos, y el segundo de malas castinas que llevan á las zamarras alguna cantidad de silicatos fusibles.

3.ª *Hierro agrio* Se divide este hierro en dos clases: *hierro agrio en frío* y *hierro agrio en caliente.* El segundo se dobla con facilidad en frío, pero es quebradizo en caliente y no tiene la propiedad de soldarse con los demás metales, y el segundo es quebradizo en frío y se dobla fácilmente en caliente.

Cada una de estas dos clases tiene sus aplicaciones especiales. Así el hierro quebradizo en caliente es adecuado para hacer piezas que no haya necesidad de calentar, y el quebradizo en frío, podrá emplearse mientras hay necesidad de soldarle con otros metales, pues que liga muy bien con todos ellos, pero no debe emplearse en las piezas que han de estar expuestas á sufrir flexiones ó extensiones, porque fácilmente se quiebran, al paso que el hierro dulce resiste perfectamente este esfuerzo.

El hierro agrio, en cualquiera de sus dos estados, se distingue del dulce en su fractura

La del hierro agrio en caliente, no suele presentarse completamente fibroso, como la del hierro dulce, sino fibroso y granujiento al mismo tiempo, pero pierde este carácter cuando se le calienta.

Por el contrario el quebradizo en frío, presenta una fractura granujienta en la que no se ven hebras, sino granos, y es más blanca, cristalina y brillante.

La diferencia, pues, entre estas dos clases de hierro, consiste en la flexibilidad, ductilidad, y la facultad de ligarse con los demás metales, mayores en el hierro dulce que en el agrio, y esta diferencia proviene, no sólo de la especie del mineral y del carbón empleado, sino también del modo como se haya hecho la operación y las diferentes caldas á que se le haya sometido, para darle diferentes formas. En virtud de las dos distintas clases que puede aparecer el hierro agrio, se le han dado las dos denominaciones siguientes:

*Hierro blando y agrio*. Se dobla á una temperatura elevada, pero se rompe á la ordinaria; sus fibras tienen un color gris oscuro.

b) *Hierro duro y agrio*.—Se forja con dificultad y se rompe por la acción del martillo á la temperatura ordinaria, y aun algunas veces á una temperatura elevada. La proporción de carbono de este hierro es mucho mayor que en los anteriores, lo cual proviene de su mala afinación.

4.ª *Hierro blando y frágil*.—Se puede forjar á la temperatura ordinaria y doblarse con alguna precaución, pero se rompe con un choque brusco. La más pequeña cantidad de fósforo es suficiente para dar estas propiedades á un hierro que contenga poco carbón.

5.ª *Hierro duro y frágil*.—Contiene además del fósforo más carbono que el precedente. Se dobla á una temperatura elevada, pero se rompe fácilmente á la ordinaria. La presencia del fósforo por pequeña que sea su cantidad, es siempre perjudicial al hierro que se destina á la fabricación del acero.

Según la observación de Karsten; cuando el hierro no contiene más que 0'30 por 100 de fósforo, se asemeja al de buena calidad. Si contiene 0'50, disminuye notablemente su tenacidad, pero si la proporción llega á 0'60, el hierro se hace ya quebradizo á la temperatura ordinaria.

6.ª *Hierro duro y quebradizo*.—Contiene una corta cantidad de azufre; se dobla á la temperatura ordinaria, pero se rompe á la del calor rojo. Algunas veces puede sin embargo forjarse y soldarse este hierro, á la temperatura del rojo blanco, pero vuelve á hacerse quebradizo á la temperatura del rojo de cereza. Según Karsten 0'0004 de azufre bastan para hacer que el hierro se rompa con facilidad á una temperatura elevada, cuando se trata forjarle ó soldarle.

La más preciosa propiedad del hierro, la que le constituye verdaderamente en rey de los metales, es la facilidad con que se le puede dotar de las cualidades que se deseen. Así vemos la tenacidad del hierro variar según la voluntad del hombre, entre límites muy extensos: el hilo de hierro sufrirá sin romperse cargas desde 30 kilogramos, hasta por 200, por milímetro cuadrado (como en las cuerdas de los pianos); y esta resistencia disminuye singularmente cuando se trata de hierros que presentan una sección mayor.

Uno de los mejores medios para averiguar la calidad de



un hierro es experimentar á la vez, cual es el peso que sostiene por milímetro cuadrado de sección, en el momento de la rotura de la barra de ensayo, y cuanto se alarga la unidad de la longitud de esta barra. Desde luego se observa en estos experimentos que las prolongaciones son tanto mayores cuanto menor es el peso soportado en la rotura, y en fin que el hierro se alarga tanto más cuanto menos carbonato tienen.

Los límites extremos entre los cuales varían las dos condiciones que sirven para determinar la calidad de un hierro son:

**135 Límites correspondientes á los hierros menos carburados**.—Resistencia á la rotura 35 kilogramos por milímetro cuadrado, prolongación, 5 por 100 de la longitud.

Se entiende que puede llegarse á todos los grados intermedios variando las dosis de carbono, los métodos de fabricación... etc., etc.

Mas conviene observar ahora, que la forma de las barras, el sistema de las máquinas de experimento, el tiempo que dura la operación, la temperatura del aire... etc., son otras tantas causas que pueden variar notablemente los resultados

**136. Fundición**.—Ya hemos visto que el mineral de hierro sometido á la acción del carbón á la temperatura elevada que se produce en los altos hornos, no se reduce á hierro puro, ni siquiera á hierro dulce, sino que forma con una parte del carbón del combustible, una combinación cuyas propiedades son distintas, según las diversas proporciones en que se combinan ambos cuerpos. Esta combinación es la que recibe el nombre *fundición de hierro*, ó también el de *hierro colado*. Es pues la fundición un *carburo de hierro*, resultado obtenido del tratamiento de los minerales de este metal, por el carbón en los altos hornos.

Igualmente se ha indicado anteriormente que según fuera la proporción en que entra el carbón en la fundición, así también variará el color del producto, así como las propiedades, en las cuales ejerce también notable influencia, algunos de los cuerpos extraños, que como el silicio, el fósforo y el manganeso, van acompañando en mayor ó menor cantidad el cuerpo de la fundición (1). Así es que bajo este punto de

(1) A pesar de los muchos estudios hechos hasta el día, sobre la na-

vista, hemos tenido ocasión de subdividir las fundiciones en varias clases, llamadas *blanca*, *gris*, *anitcrada y negra*, y según ellas apreciar en sus propiedades los usos más á propósito que de cada una de ellas se podía hacer.

El uso que de la fundición se hace en las construcciones, es muy numeroso, con ella se construyen columnas, tubos de conducción, verjas, balaustres... etc

La fragilidad del hierro en este estado, y la dificultad de que afecte muchas veces formas especiales y precisas, según sean las exigencias que el proyecto lleva en sí, es que se oponen muchas veces á la reunión ó enlace de las mismas por medio de ensamblage.

Los tornillos pasadores, son regularmente los procedimientos ordinarios para el enlace de piezas de fundición que forman parte de los grandes sistemas de construcción.

137. Acero.—Se llama así, el cuerpo compuesto de hierro y carbono entrando este último en muy poca cantidad, en la proporción de 1 á 2 por 100, también el acero suele estar acompañado aunque en dosis pequeñísimas, de silicio, fósforo y nitrógeno.

La mayor parte de sus propiedades físicas difieren poco de las que acompañan al hierro propiamente dicho, ya susceptible de ser trabajado del mismo modo; mas su propiedad más saliente y que le caracteriza y le distingue radicalmente del hierro, es la facultad de *templarse* esto es de adquirir un enfriamiento súbito, cuando ha sido sometido á una alta temperatura, cual lo es el del *calor rojo*, vulgarmente así llamado; de este modo así enfriado adquiere una dureza y tenacidad extremas, cual no las conoce el hierro propiamente dicho. Semejante propiedad se aprovecha para la formación de cortes y tallantes, biseles afilados para los útiles destinados á cortar maderas, piedras y hasta los metales.

Si se recuece el acero, después que se le haya templado, adquiere elasticidad y se hace más sonoro, siendo susceptible

---

turaleza química de la fundición, no está bien determinada aquella; en un principio se creyó que eran simples carburos de hierro, pero después se ha visto, que los hierros colados, contienen otra porción de cuerpos, como el silicio, nitrógeno, azufre, fósforo, arsénico y el manganeso, que combinan con el hierro, para formar compuestos fusibles semejantes al carburo, y que los hierros que presenta el comercio, llevan estos diferentes compuestos fusibles, en los cuales predomina siempre el carburo.



en estas condiciones de producir sonidos armoniosos por lo que es aplicable á la construcción de algunos instrumentos.

Después de templado resiste al choque sin romperse, y no pierde su dureza, mas que por su intenso recocido.

Tiene la ventaja de poder soldarse consigo mismo y también con el hierro forjado, no se hiende ó ventea, resiste elevadas temperaturas, y conserva su dureza después de un refinado prolongado.

Su fractura es de un grano fino é igual, su color es más blanco que el hierro dulce, á causa de su homogeneidad se presta á adquirir un bello pulimento, y su densidad puede variar de 7'80 á 7'84.

Si el temple comunica dureza al acero, en cambio si se tratara ó hiciera sufrir igual operación al hierro, no haría otra cosa que hacerle agrio, sin aumentar su dureza. La operación del temple, produce tanto mayor efecto en el acero cuanto éste, contenga más carbono, pero debe templarse á poca temperatura, y cuanto más agrio resulte por el enfriamiento, resultará también de peor calidad. Este defecto puede ser causa de la desigual proporción en que esté repartido el carbono, y en este caso puede corregirse, por medio de refinados más ó menos repetidos, pero en cambio el metal pierde su dureza. Mas si semejante defecto es consecuencia de las primeras materias que han servido para la fabricación del acero, entonces semejante deficiencia no es posible subsanarla.

Según ello, el mejor acero, será aquel, que calentado á poca temperatura y sumergido inmediatamente en agua fría, adquiera más dureza, así como el que, antes y después del temple, tenga más dureza y elasticidad.

Como quiera que, existe el precedente que todo acero, adquiere cierta fragilidad, pasando por la operación del temple, cuyo inconveniente resulta muy perjudicial para las piezas destinadas á recibir fuertes choques, de aquí que se trate de solventar semejante deficiencia, logrando casi á la desaparición de lo agrio, dándole un recocido muy intenso, pero en este caso precisa que el acero sea de la mejor calidad, para que no pierda su dureza.

Conviene, como á conocimiento práctico, saber de antemano, los colores que sucesivamente va tomando, una hoja de acero, convenientemente pulimentada, cuando se la someta al caldeo; aquellos son por su orden sucesivo los siguien-

tes: 1.° *Paja*. 2.° *Amarillo obscuro*. 3.° *Roja violeta*. 4.° *Azul gris* y 5.° *Blanco*.

Una vez templado y recocido un objeto de acero, debe reunir las cinco condiciones que á continuación se expresan, y ellas darán prueba bastante, de que las operaciones se habrán llevado á cabo del modo debido.

1.° *Homogeneidad*.—Se comprueba por medio del pulimento.

2.° *Dulzura*.—Se reconocerá, trabajando el hierro en caliente.

3.° *Dureza*.—Se vendrá en su conocimiento, examinando el grano, y probando la pieza sobre objetos duros.

4.° *Elasticidad*.—Se sabrá, por la mayor ó menor facilidad, que la pieza de acero vuelva á tomar la forma que se la ha hecho dejar, aplicándole un esfuerzo, forma que recobra luego que el esfuerzo deja de obrar (1).

5.° *Temple incompleto*.—Se llama así cuando no ha quedado templada toda la pieza, y se reconoce, ensayando sus distintas partes.

138 **Obtención del acero**.—Son varios los procedimientos, que constituyen otros tantos métodos para producir el acero, denominándose éste distintamente según sea el sistema que se emplee.

a) *Acero natural*.—Se produce tratando directamente el mineral de hierro por el carbono, en una forja catalana, y si bien semejante operación conduce á la obtención del hierro forjado, sin embargo acontece que lo que se obtiene es acero, aunque de una calidad no muy superior.

---

(1) Conviene al cerrajero, enterarse del cuerpo y diferentes temples, del acero que haya adquirido, y así saber con conocimiento de causa, el empleo juicioso que de él haya de hacer, según la índole ó clase de obra, que se adopte á aquellas condiciones. Al efecto los ensaya echando mano de *cortafríos;* si el acero es blando, el cortafríos no agarra; si por el contrario el acero es muy duro se levantarán hojas ó urtillas al escoplo; si el acero tiene el cuerpo y dureza convenientes, el escoplo cortará bien el hierro sin melladuras ni hojas.

En este ensayo puede colocarse el cortafríos perpendicular ú oblicuamente al hierro; mientras más oblicuo sea el choque, mayor será el pedazo ó viruta levantada, y mientras más duro sea el acero, será el corte más limpio, vivo y brillante. Siempre estos ensayos han de ser practicados por obreros diestros en su arte, de no ser así y no tener profundo conocimiento de la operación, se malograría el bisel del cortafrío.



b) *Acero de cementación*.—La base principal de la operación, es que se alíe el carbón al hierro por medio de la cementación. Al efecto, se preparan barras de hierro colocadas en cajas llenas de polvo de carbón, y se las somete á una elevada temperatura, y esto, durante algunos días. El carbono, que siempre retiene un poco de nitrógeno, que forma parte de su masa, lo purifica formando un cuerpo llamado *cianógeno*, y se introduce por este medio en el hierro, con el que se combina. Esta es la operación llamada cementación. Así se verifica la transformación del hierro en acero. Este acero, es á propósito para la confección de instrumentos muy duros como las *limas*.

c) *Acero de fundición ó de afinación*.—El principio de este método, es el tratar el hierro fundido por el aire, modificando el modo de ser del carbono en la fundición. Para ello se afina la fundición en un horno especial, se la expone lentamente al fuego, sometida á una corriente de aire, de modo que el lingote descarbonándose en parte, cambíe en su naturaleza, modificando la cantidad de carbón que quede, y resultando al fin de la operación, acero en vez de hierro fundido con el que se ha empezado la operación.

d) *Acero fundido*.—Proviene de la fusión completa del *acero de cementación*. Este acero es notable por la característica que ofrece de templarse por la sola acción del aire, es susceptible de adquirir un bello pulimento, y reúne las propiedades de homogeneidad y dureza. Tiene gran aplicación en la fábrica de útiles de corte, cuyo filo sea en extremo agudo.

e) *Acero Bessemer*.—Este acero se obtiene empleando una corriente de aire atmosférico, para descarburar la masa líquida, y así preparar directamente el acero con ella. Obtiene así Bessemer, más brevedad en el tiempo transcurrido en la descarburarización de la masa líquida y la conversión de ésta en acero, la cual continúa persistiendo en estado líquido, permitiendo con ello, que pueda verterse inmediatamente en los moldes; cual circunstancia es muy digna de notarse por la economía que reporta. Este acero se le destina para la formación de las piezas de grande relativo tamaño y en particular las empleadas en las partes accesorias de los puentes.

139. **Aceros homogéneos y hetereogéneos**—Los aceros pueden dividirse según sea la uniformidad en la composi-

ción de su masa en *homogéneos* y *hetereogéneos*, en los primeros su composición es la misma en todas sus partes; mientras que en los segundos existen diferentes grados de aleación en su masa; el primero tiene un grano fino y con ello se presta á un bello pulimento; el segundo ya no es tan fácil de pulimentar, en atención á que en su contextura, los granos son gruesos y desigualmente separados por celdillas, descubre fibras y la superficie aparece cenicienta.

El acero homogéneo se aviene mejor para piezas de relojería; porque el frote las desgasta por igual; para máquinas que hayan de sufrir grandes presiones, como cilindros, laminadores, broqueles, puños, claveras... etc. También se emplea para las hojas que exijan cuerpo y dureza como los instrumentos de cerrajero, grabador, cuchillería fina... etc.

El hetereogéneo tiene su empleo indicado en las obras que necesiten dureza y elasticidad, como las armas blancas, muelles de coche, floretes.

Es de precisión que el acero pueda soldarse y trabajarse bien cuando haya de formar parte de las bocas de los martillos y las tablas de los yunques.

En cuanto al acero fundido, se pulimenta bien y es conveniente para las obras de adornos bruñidos.

Finalmente por lo que se refiere al acero cementado, ya se ha indicado anteriormente, puede emplearse como el fundido, en todas las piezas que deban someterse á fuertes presiones, como cilindros, claveras... etc., así como también en herramientas como las *limas*, *escofinas*, *muelles* y *armería*.

140. **Temple.**—La operación del *temple* es quizá la que ha reportado más utilidad y beneficios para el desarrollo de la industria y de las artes en sus varias manifestaciones. Sabido es, que con su auxilio se basan la fabricación de todas las herramientas y útiles dotados de la suficiente dureza, para poder vencer la resistencia de los demás cuerpos y así trabajarlos en su superficie para comunicarles la forma que se crea más conveniente. Calentando el acero al rojo, y enfriándole súbitamente por su inmersión en el agua, es que se verifica la operación del temple.

Los hechos han comprobado que la naturaleza del agua en donde se verifica la inmersión, influye no poco en las cualidades y resultado del *temple*.

Mas no sólo es el agua, el medio en donde pueda enfriar-



se, inmergiendo el acero, pueden ser también el aceite, algunos ácidos diluídos con agua, como el ácido clorhídrico, el ácido nítrico; la mezcla de estos dos últimos, algunas grasas, ó un gas. Mas el ordinariamente usado es el agua, la cual facilita un temple duro y tenaz.

Con las substancias grasientas ó grasas, se obtienen temples dulces, suaves, se comunica más flexibilidad al metal; mas en este determinado caso, ha de ir el operario con mucha cautela, para que no se inflame la grasa; cual pueda arder á temperaturas más bajas de aquella alta temperatura que lleve el metal candente al instante de la inmersión. A este efecto, se tiene la precaución de cubrir el baño al introducir el metal, y así se aisla á aquel del contacto del aire, pudiéndose de este modo ahogar el fuego instantáneamente, y que sin aquel requisito se hubiera iniciado y desarrollado. Las plumas de acero, las agujas, resortes de relojería, y otros... etc., son así templados.

Así pues, los aceites, el sebo, la resina... etc., serán los medios empleados y con ellos los objetos templados resultarán muy dulces al par que tenaces, empleándose generalmente semejante procedimiento para cuando los objetos son de pequeñas dimensiones, pues si de templar se tratara piezas de grandes tamaños, ello exigiría como se ha indicado más arriba grandes precauciones para evitar la inflamación del medio inmergente.

El ácido nítrico produce un temple muy duro. Empleando un baño de agua mezclada con el ácido nítrico (ó agua fuerte), se obtiene tanta más dureza, cuanto mayor sea la cantidad de ácido, saliendo por otra parte muy limpio el acero templado con dicho baño.

El aire, es también uno de tantos medios que se aprovechan para el temple, como así sucede para el célebre temple de las hojas adamasquinadas. Puede obtenerse según se quiera, duro ó blando, dependiendo ello de la rapidez de la corriente de aire y del grado de su temperatura. Y en efecto, encontrándose la superficie del metal en contacto de una capa de aire que constantemente se renueva, se lleva ésta una gran cantidad de calórico tanto mayor, cuanto más rápida sea la renovación del flúido gasiforme, mientras que por otra parte este mismo calor absorbido por el aire será también tanto mayor, cuanto más baja sea la temperatura (1).

(1) Según se refiere el celebrado temple de Damasco, se obtiene

Finalmente se templa también sumergiendo la pieza caldeada en *arena, tierra ó ceniza*; estas substancias enfrían lentamente al metal, que conserva blandura, saliendo con ello un temple dulce.

*Temple en paquete.*—Cuando se calienta el acero por medio del fuego directo y sea cual fuere el sistema de temple que se practique, pueden ocurrir dos inconvenientes dignos de notar. El primero puede provenir de haber sometido al hierro á una elevada temperatura superior de la requerida según fuere la índole de dicho hierro; entonces el metal se agrieta y resquebraja y aun á veces queda la pieza torcida, este defecto es el que los herreros llaman *hierro atormentado*. La segunda contrariedad, consiste en haber desaparecido el carbono de la superficie, en virtud de las repetidas caldas, resultando con ello, más blando el acero de la superficie que el del interior; ello, se comprueba limando las piezas del objeto templado, se observa que las caras se pasan más ó menos por la referida desaparición del carbono.

Tratándose pues de evitar estos defectos, se pensó en preservar el acero del contacto del fuego directo, envolviéndole en cemento, y esto originó la operación cuyo nombre es el de *temple en paquete*. Para ella se disponen las piezas en una caja de barro refractario ó arcilla cocida y se rodean de varias clases de substancias. Cuando estas son arcillosas, sólo tienen por objeto impedir la oxidación; pero además van acompañadas de hollín, aceite... etc.; ellas tienen el objeto de producir carbono para verificar en la superficie metálica una verdadera cementación, que acera las caras de la pieza de hierro.

El empleo del prusiato de potasa dá también excelentes resultados. Al efecto la pieza se somete al fuego, no sin que antes se haya espolvorecido con polvos de esta sal. Con ello no tarda en cubrirse de una capa de sal fundida; parte de la sal se carboniza, y bajo la influencia de la potasa, tiene lugar la cementación con gran rapidez, y así el trozo de hierro ó

---

por medio de la corriente de aire que se aprovecha en los momentos que sopla el viento Norte. Para eso dos paredes verticales abiertas hacia al Norte, y formando ángulo, no sin que en éste termine por una abertura ante la cual se coloca la pieza enrojecida.

Se levanta entonces una válvula, y el viento impulsado en esta especie de embudo, sale con velocidad por la abertura y produce este temple, tan ponderado en las armas damasquinas.



acero cubierto, y templado de este modo, se encuentra ya rodeado de una capa de acero de gran dureza, prestándose á un bello pulimento.

El fenómeno del temple, está basado, por la propiedad característica de los metales, de dilatarse ó aumentar de volumen, cuando se les somete á temperaturas elevadas, cual facultad es más de notar en los aceros y hierros carburados, en razón á que, á más de considerar en sí la naturaleza innata del metal, hay que contar aquí con otro aumento de volumen, que es el que tiene lugar con respecto al carbono al sufrir la correspondiente expansión. Mas por la inversa acontece, que si se tiene un metal calentado á una temperatura elevada; se le sujeta á un enfriamiento, aquel por su misma naturaleza se contraerá, dependiendo la aproximación molecular de las gradaciones con que se ha hecho pasar las sucesivas disminuciones de temperatura. Así, si el enfriamiento es lento y gradual, el metal va pasando sin ningún esfuerzo por sus distintos estados porque antes había atravesado, retornando sus moléculas á su estado primitivo, ó de nó á otro muy parecido. Pero dado ahora por supuesto, que aquel enfriamiento sea rápido, violento, cual lo es el fenómeno que tiene lugar, al sumergir la barra candente en el baño frío, ó ser el medio inmergente una rápida corriente de aire, entonces esta acción mecánica exterior, ejerce su influencia directamente en la periferie exterior ó sea la superficie envolvente de la pieza en cuyo sitio y también en una zona de espesor muy reducido, es en donde tiene lugar verdaderamente la contracción pero ésta brusca, rápida aglomerándose y estrechándose las moléculas, más aún, cual lo harían por el simple y natural esfuerzo de cohesión, resultando con ello en dichos sitios una inusitada compacidad, que dá lugar á una capa ó envoltura mucho más dura que lo restante del espesor del cuerpo en donde, no habiendo podido contraerse de igual manera, hace que disminuya la densidad en lo interno de la masa. Estos diversos fenómenos tienden en general á que el cuerpo experimente un cambio en su textura iniciándose hasta cierto punto un principio de cristalización. Como á consecuencia de semejante estado de cosas; el metal, sobre todo si se trata de acero, experimenta un notable endurecimiento en su superficie, así como también se acentúa la característica de flexibilidad, en virtud de dicha cristalización y menor densidad interior. No obstante, para que dichos fenómenos ten-

gan debido efecto, preciso es que no se trabaje á una temperatura excesiva y esto por varios motivos: en primer lugar porque el metal se quemaría y entonces desmerecería en sus propiedades, pues se haría agrio y quebradizo; luego también podría quemar con exceso el carbón, y si tal sucediera, si bien dejaría más puro el hierro, se sabe por otra parte que en el hierro puro dicha acción es insensible; y por último que la dilatación no fuera más allá de los límites que en nuestro caso convienen, pues si aquella fuese exagerada, sucedería que al verificarse la contracción, el interior se haría quebradizo, y de tal modo, que el menor esfuerzo sería suficiente para romperlo, por el desequilibrio de densidades, cuales serían muy reducidas en lo interno de la masa.

Conviene de todos modos, que el cuerpo antes de templarse, sea sumamente homogéneo en su compacidad y al efecto es muy conveniente, antes de proceder á la operación del temple, batir bien el objeto de que se trate.

*Temperatura para el temple.*—La cuestión de la temperatura á que se ha de sujetar la pieza que se quiera templar, es muy compleja, basándose el éxito de la operación en la mayor práctica y pericia, del individuo destinado á llevarla á cabo; y es que el acero admitirá varios grados de temple y de dureza, enfriándole más ó menos rápidamente, así como también haciéndole pasar por distintos grados de temperatura. Estas varias temperaturas se distinguen por los distintos colores que va tomando la pieza caldeada. Ahora bien según la pieza que se trabaje, destinada para un cierto y determinado uso, necesitará su calda especial, calda que por cierto sería excesiva, ó defectuosa por su poca fuerza, al tratarse de otro objeto de distinto uso que el primero, y entonces el tino y pericia del obrero, ha de ser tal, hasta saber el punto que ha de durar la operación; pudiéndose de todos modos guiar por la práctica no interrumpida de los hechos, referentes á dichos colores que va tomando el acero sometido al fuego y según sean las temperaturas, siendo éstas bastante en sus distintas variaciones, para la fábrica de unos ú otros instrumentos. Ponemos para mayor aclaración el siguiente cuadro:



| Colores | Grados Centígrados | Objetos | Propiedades |
|---|---|---|---|
| Amarillo paja claro | 221° | Lancetas | Acero muy duro, poco elástico é imposible de doblar y que se parte antes de conseguirlo. |
| Amarillo paja obscuro | 232° | Instrumentos de cirugía y navajas de afeitar | |
| Amarillo naranja | 243° | Raspadores y cortaplumas | |
| Anaranjado castaño | 254° | Herramientas de cerrajero | |
| Rojo anaranjado | 265° | Herramientas de carpintero | |
| Púrpura | 277° | Cuchillería | Acero más blando que el anterior, pero muy duro, y no se puede doblar, flexible y muy elástico. |
| Azul pálido | 288 | Espadas y resortes | |
| Azul | 293° | Sierras y puñales | Más blando que el anterior y se dobla con facilidad. |
| Azul muy obscuro | 317° | Sierras de largo | |
| Verde | 332° | Cuchillas de encuadernador | |
| Rojo obscuro | 380° | | |
| Rojo cereza | 3235 | | |
| Rojo blanco | 6070 | | |
| Calda sudante | 7590 | | |

También influye algún tanto en el buen resultado del temple, la temperatura del medio, en donde se inmerge la pieza que se quiere templar, y ello se comprende desde luego, en el momento en que siendo la rapidez de la contracción la causa del temple, cuanto mayor sea el frío que la produce mayor será ella. Los líquidos fríos, producen mayor efecto si están en movimiento y hay ocasión de renovarlos continuamente. En cuanto á las grasas, se las emplea á la temperatura de fusión. Cuando se emplean las tierras y arenas, éstas se usan en su mismo estado natural; y por fin el aire produce el enfriamiento ó bien por su temperatura, que debe ser lo más baja posible, ó por su estado de movimiento y renovación; dando los resultados más satisfactorios para el buen temple, haciendo que dichas dos circunstancias se encuentren reunidas.

**141.** Recocido.—Es esta operación, cuya se propone quemar el exceso de carbono que contiene el acero; esta sin embargo es especial, pues sabido es que los objetos de acero se fabrican desde luego mediante acero de primer recocido, labrándolos luego á martillo, con la lima, ó con el torno, dándoles en seguida la dureza correspondiente por medio del temple, y adquieren así haciendo, demasiada dureza y mucha fragilidad; es pues necesario para subsanar semejantes dificultades, reducirlas á las condiciones convenientes y sujetarlos á un segundo *recocido* parcial, cuyo es el que se refiere

al presente párrafo. Así pues se calienta de nuevo el acero templado, hasta llegar al color rojo, dejándole luego enfriar lentamente, y así recobra su maleabilidad primitiva. El acero templado tiene menos densidad que el recocido.

Recobrando el acero, en virtud del *recocido* la ductilidad y elasticidad primitiva, puede sometérsele al laminador ó hilera, sin temor ya de que se rompa, y siendo también más fácil de trabajarlo.

Según ello el calor suministrado por el recocido reduce algún tanto la fuerza de cohesión, favoreciendo la separación de las moléculas y permitiendo más fácilmente el deslizamiento de unas sobre otras. Con semejante recocido, se logra dotar al acero de dureza y elasticidad en las gradaciones distintas que se crean convenientes ó mejor convengan á la índole y naturaleza de los objetos que se traten de fabricar, cuales distintas gradaciones no podrían alcanzarse con el simple temple.

No es cosa tan fácil, hacer el *recocido*, precisa para ello que el operario además de buen práctico, tenga certero tino, para aprovechar el preciso momento en que el recocido llegue al punto conveniente, guiándose para ello en los colores, muy brillantes que va adquiriendo la superficie del acero, cuales tonalidades corresponden á temperaturas determinadas, y de que ya hemos hecho mención anteriormente.

Según sea la calidad del acero y la naturaleza del objeto, así se recuece hasta tal ó cual determinado color.

142. **Defectos de los hierros.**—Los hierros que se expenden bajo el nombre de hierros comerciales, suelen algunas veces aparecer con ciertos defectos cuales conviene conocer, para poder efectuar una buena elección entre ellos, y desechar los que presenten tales deficiencias, cuales pueden concretarse á las siguientes:

a) *Dobladuras.*—Llámanse así una suerte de grietas ó huecos, que se observan sobre la superficie de la pieza, y así ésta al parecer se compone de trozos separados en una parte á la par que juntos ó unidos más adelante. Se supone ser debido este defecto á la interposición de algún cuerpo extraño, al unir dos piezas y que al impedir aquel la completa unión, deja acusada la solución de continuidad con el expresado hueco.

b) *Pajas.*—Son pequeños huecos cilíndricos, debidos á la interposición de alguna burbuja de aire, que no pudo salir al



forjar la barra, y que aparecen al descubierto al trabajar el hierro con la lima.

c) *Grietas.*—Aparecen cuando la masa tiene interpuesto algún cuerpo extraño, como escoria, óxido... etc., el cual al separarse al golpear la pieza, se desprende y deja la grieta descubierta.

d) *Manchas.*—Aparecen éstas en el hierro, con distintos colores que el del metal y son producidas por la presencia del arsénico, azufre ó fósforo.

e) *Vetas.*—Son simples rayas cuyas deben su aparición á las mismas causas que producen las *manchas.*



# CAPÍTULO TERCERO

## Útiles y herramientas empleadas por los herreros y cerrajeros

143. Son en extremo numerosas y variadas las herramientas, de que se valen los herreros y cerrajeros para el laboreo del material férreo, y nos concretaremos á reseñar las principales y que por sí solas ya dan idea de los caracteres y propiedades que distinguen al material en donde han de actuar.

*Fragua.*—Es sencillamente el fogón, en donde el herrero y cerrajero, tienen dispuesto el fuego ó la lumbre para forjar los hierros.

Generalmente el cerrajero, cuenta con dos clases de fraguas, la una fija, permanente, la cual construída de ladrillo, está fija é invariablemente enlazada con el suelo y un muro vertical: Es la *fornal* conocida con este nombre por los obreros catalanes. La otra de menores dimensiones, construída ordinariamente de hierro, y se la puede trasladar cuando convenga, en el sitio en donde se desee, esto es, en el mismo lugar en donde se lleva á cabo la construcción, y así tenerla más á mano y zanjar con más comodidad, las necesidades que ocurran en el mismo pie de obra. Esta fragua se llama *portátil,* y en Cataluña, es conocida por *fornal de campaña.* Describamos pues someramente estos dos importantes elementos, base del trabajo del herrero y cerrajero.

144. **Fragua fija** (lám. 6.ª, fig. 97).—Consiste en una



como mesa A de un metro de altura, terminando superiormente por un rectángulo de 1m'20 de frente ó ancho y por unos 0m'90 lateralmente. Regularmente esta mesa está construída de ladrillo y se halla adosada en un muro, también de ladrillo, suelto ó aislado, ó ya formando parte del recinto del taller; de todos modos, dicha mesa se encuentra hueca, permitiendo así, en su interior un espacio B, lo suficiente holgado, para establecer la *carbonera,* lugar en donde se coloca el combustible en cantidad suficiente, para que pueda alimentar el hogar durante la jornada. También se coloca en dicho sitio, un cubo C con un *escobón* (fig. 174, lám. 7.ª), para remojar el carbón, con el agua en aquel contenido (1).

Conviene advertir, que con motivo de asegurar más la cohesión de la obra de fábrica de la mesa, se circuye á ésta en uno como anillo ó cinturón de hierro DD', formando un fleje ó llanta, dos veces acodada. El lado de frente DD', es lo que se llama *puente,* y los brazos laterales proyectados respectivamente en D, D', son las *costillas,* cuales van á empotrarse directamente en el muro posterior de sostenimiento E.

La superficie de la mesa no es horizontal, sino algo ahondada en el centro (de unos 11 centímetros), y arranca desde los tres lados, el de frente y los dos laterales, hasta llegar al cuarto lado situado en el mismo muro.

El hogar del fogón es conocido con el nombre de *contra corazón* y se construye de distinto modo, uno de ellos, es el empleo de hierro fundido, en cuyo sistema hay mucho gasto de carbón, y además el trabajo de fragua, lo inutiliza frecuentemente en su plancha, y esto en un tiempo relativamente corto, *quemando* á la misma, en cuyo caso, es necesario volver dicha plancha.

En lugar de la plancha de fundición, se emplean pizarras superpuestas y tratadas con arcilla; pero indudablemente, pues la práctica lo viene demostrando, que el medio preferible es recurrir á ladrillos refractarios para la construcción del hogar.

El orificio F, abierto en el centro del murete ó pared E', y un poco más alto del hogar (como unos 4 centímetros), sirve, para que en él desemboque la *tobera,* regularmente de cobre, cuya, empalmada con un tubo situado detrás de la pared, que

(1) Próxima á la carbonera, se tendrá también á mano una *pala* (figura 175, lám. 7.ª), para la colocación del combustible en el hogar.

comunica con el *fuelle* H, por medio de cuyo conducto se transmite el aire originado por el fuelle á la *plaza*, del hogar; con esta disposición se puede hacer pasar el viento por debajo de la pieza. Conviene que el *fuelle* H, se disponga á una altura á propósito para que no estorbe el paso, ni incomode en su trabajo á los demás operarios, que quizá estén de faena en el taller.

Es conveniente, que en la parte más baja del *contra corazón*, se practique un orificio que conduzca al exterior, por uno de los costados, las escorias; así es como tiene lugar la operación de *sangrar la fragua;* y consiste en destapar el orificio, para que corran en él, las escorias cuando han llegado al estado líquido, cargando demasiado dicha fragua.

Se comprende que con semejante operación, se han de producir humos, y estos hay que conducirlos desalojándoles del local, á este efecto se dispone á una altura conveniente la indispensable caperuza, para que no estorbe á los operarios, compuesta de una campana I y su hierro J llamado *cadena*, que sirve de base á la campana, y de dimensiones un poco mayores que la mesa A de la fragua; esta caperuza viene sostenida por los hierros K-K', especie de tirantillas verticales, pendientes del techo del taller; con ello la campana recoge todos los humos, pasando directamente al conducto L, de la chimenea, unida directamente con dicha campana, y desde el cual es expelido hacia el exterior. Resta pues ahora hacernos cargo del llamado *fuelle*, y de su trabajo.

145. **Fuelle**.—Llámase así á los aparatos que sirven para recoger el aire por medio de una válvula y volverlo á despedir con más ó menos violencia, según plazca al que lo maneja; impulsando así el viento que debe avivar al fuego y por lo tanto la combustión.

Dos clases de fuelles emplean el herrero y cerrajero, uno mayor que el otro que son: *El fuelle de fragua* y *el fuelle común*.

*Fuelle de fragua*.—Es el dibujado y al que nos hemos referido en la fig. 97, y se compone de tres tablas *a-a, b b, c-c;* la central *b-b* es fija, y las extremas *a a, c-c* movibles; las tres tienen como la figura de una *pera* cortada con un pequeño chaflán hacia la punta ó cola. Estos tres tableros, están enlazados por un cuero, claveteado fuertemente á los bordes de aquellos, y así se vienen á formar como dos bolsas,



separadas por el tablero central *b-b*, el cual divide con ello, los dos recintos ó espacios, superior H el uno, é inferior H' el otro; además dicha piel ó cuero viene dispuesta á formar algunos dobleces, cuales se sostienen por una serie de arquillos, que permiten con suma facilidad que aquélla venga á plegarse en los huecos.

Tanto el tablero fijo como los dos movibles, van á reunirse con un zoquete M de madera, que forma como la cabeza del fuelle y ella recibe el tubo G que da paso á la salida del aire. Las piezas *f-f, f'-f'*, son las visagras por medio de las cuales se efectúa el enlace de las tapas *a-a, c-c*, al mismo tiempo permiten que dichas tapas ó tableros puedan adquirir cuando convenga un movimiento alternativo de ascenso y descenso. El zoquete M, está guarnecido por una placa de frente *d-d'*, la cual facilita y refuerza con más precisión el debido enlace de aquél con el tubo G, de salida del aire, cuidando de que las junturas estén herméticamente cerradas; y aquel no se malogre en su camino.

El tablero central, se fija de una manera inamovible con el muro, ó en unas barras que le mantienen suspendido, en este tablero existe una válvula *y*, así como también hay otra *z*, en el tablero inferior, estas dos válvulas se abren de abajo arriba, y nunca están abiertas al mismo tiempo.

En el centro de los tableros movibles, se disponen dos maderas traveseras ó bandas de hierro si se prefiere, indicadas en sección en *x, n* y sirven para reforzar los bastidores, en el mucho trabajo ó movimiento que ha de soportar; estos refuerzos son las llamadas *costillas*.

De lo dicho se infiere que si bien el recinto del bolsón H', puede comunicar por medio de una válvula *z*, hacia el exterior, no así sucede con el que concierne al recinto superior H, quien no más se comunicará con el inferior H', también por medio de su correspondiente válvula *y*.

Mediante estos precedentes, veamos ahora el modo de trabajar dicho instrumento; é este efecto se dispone en T, un mango unido al tablero inferior, este mango se encuentra invariablemente enlazado á su vez, con la varilla vertical NP, movida según lo haga la palanca QP, que tiene su punto de apoyo en S, de esta palanca pende de su extremidad Q, la cuerda QR, terminada por el tirador R, cuando al coger la manecilla R, se impulsa la cuerda QR, hacia abajo, el tablero inferior *c-c*, girará hacia arriba aproximándose al tablero

central *b-b*, llevando en este movimiento, la válvula *z*, cerrada, pero la presión que durante este movimiento se desarrollará en el bolsón H', hace que se abra la válvula *y* del bolsón H, y se precipite en él, el aire en aquel comprimido, á la par también que parte de dicho viento se escape por el orificio de M. Mas en el momento que se deje en libertad la cuerda QR, ésta subirá, la palanca PQ bajará, lo propio que el tablero inferior girará tendiendo á la posición natural *c-c*; así como el superior girará bajando por su propio peso, pues ya estará cohibido por el movimiento del primero, y como durante esta alternativa la válvula *y*, se ha cerrado por cesar la causa que antes la había abierto, de aquí es que todo el viento depositado en H, por la operación anterior, sea á su vez comprimido y empujado á salirse precipitadamente,

Al bajar el bastidor inferior *c-c*, la presión del aire exterior abre la válvula *z*, la cual permite que vuelva á llenarse de aire el bolsón H', para que luego é inmediatamente se vuelva á repetir la operación tirando el cordón RQ, hacia abajo, pasando por segunda vez el aire de H' en H, y de éste á G, que lo conducirá en el hogar y así sucesivamente se desarrollará una corriente continua, sobre el combustible de dicho hogar.

Algunos fuelles son distintos del precedente, en el concepto que todo el aire contenido en H', pasa íntegro en H, por medio de la válvula *y*, y así no hay comunicación entre M y el interior del bolsón H', pero sí, la hay con el H, desde el cual se precipita todo el aire hacia el mentado tubo G.

Regularmente en la misma fragua, existen montados dos fuelles de distintas dimensiones, teniendo el más pequeño un ancho de 80 centímetros, y el mayor un ancho que alcanza á $1^{m}$'30, con el primero se caldean los hierros pequeños, y con el otro los que hasta alcanzan á 16 centímetros cuadrados.

En los grandes talleres dispuestos para caldear fuertes piezas, se agrega al fuelle pequeño un tubo de comunicación que, cuando se cree necesario, conduce el viento del fuelle pequeño, á la tobera del grande, lo que permite caldear la misma pieza con dos fuelles, y activar más la combustión, produciendo más rápidamente la elevación de temperatura.

146. **Fuelle común.**—Es de más reducidas dimensiones que el precedente, y tiene no más dos tablas ó bastidores, también como el anterior, en forma de una *pera*, en la cual se substituye la punta extrema por un chaflán.



Entre estos bastidores, media un espacio cerrado herméticamente por un cuero, clavado sobre los cantos de aquéllos, á cuyo efecto, sobre las junturas se colocan unas tiras de badana, que aseguran la incomunicación con el exterior. Semejante piel de cubierta lateral, lleva por su interior, unos arcos de alambre, que dibujan contornos iguales, á los de los bastidores, permitiendo así, plegarse aquélla, cuando en el movimiento, los tableros se aproximan.

Es de advertir, que el tablero inferior, es más largo que el superior, y en el medio de su eje de figura, lleva un orificio de unos 4 centímetros de diámetro, en el que, va ajustada una válvula, formada por un cuero, sujeto interiormente á la tabla, por uno de sus lados, dejando libres los otros, para que pueda abrirse hacia dentro, sirviendo de charnela la línea de unión.

Hacia la parte superior ó cabeza de los tableros, que corresponde á la cabeza de la figura de la *pera* que contornean, se hallan establecidos dos mangos, uno para cada tablero, y así resulta el instrumento más maneable.

La tabla inferior, se sujeta con clavos á un *zoquete* de madera, atravesado en toda su longitud y según el eje del fuelle, por un taladro circular, en el que encaja el *cañón*. En cuanto á la tabla superior, se une al zoquete ó *boquerel*, por una badana del ancho del chaflán, con objeto de que permita el juego de dicho tablero, á esta badana se la llama *pescuezo*, y para cubrir la junta por completo, se colocan dos dediles ó pequeñas correas que pasan por los costados á unirse con la tabla inferior.

Se comprende ahora, que al funcionar este fuelle, el operario lo cogerá con las dos manos asidas á los dos mangos antedichos, aproximando su cañón inmediato, ó tocando con el hogar, imprimiéndole luego un movimiento por el cual las dos tablas se aproximarán y separarán alternativamente; y así al separarse, se abre la válvula, empujada por el aire exterior que penetra por el orificio, en el recinto del fuelle, mas inmediatamente al aproximarse las tablas ó *peras*, ciérrase la válvula, y el aire interior, es impelido con fuerza hacia el cañón, se desaloja produciendo con su velocidad, el viento que activa por último la combustión.

147. **Fragua portátil.**—De dos clases las hay, las primeras de una sola corriente ó corriente alternativa; y las segundas de dos corrientes, cuales producen una corriente continua; de unas y otras existen gran número de ejemplares;

por lo que nos limitaremos á describir las más importantes.

1.º *Fragua Nordling.*—Es de una sola corriente ó alternada (fig. 98). Un cilindro hueco G; de hierro, en forma de caja, es el hogar; su diámetro 0m'51; está sostenido por un armazón de hierro formado, por los montantes P, P, P... etc., que á su vez enlazan con la base ó pie H, del aparato.

Interiormente al armazón, existe un fuelle F, sostenido hacia los puntos medios de los montantes; permaneciendo libre su movimiento de acenso y descenso hacia la mitad inferior; un conducto ó tobera CI, hace la comunicación del fuelle con la plaza del hogar, ingresando en ese, el aire por el pistón D, no sin antes la tobera haya experimentado el recodo en I. Una palanca A, comunica el movimiento á la varilla B, sube, lo propio que el fuelle F, éste con el movimiento se comprime, y con la presión empuja el aire á ingresar en el tubo CI, y de allí, precipitarse por D en el hogar. Sube luego la palanca, y con ello la varilla B, baja, el fuelle se dilata y aspira con ello el aire exterior, para volver á impelerlo sobre el hogar y así sucesivamente.

El diámetro del fuelle es de 0m'410 y la altura del aparato alcanza término medio 0m'815. El detalle J forma como una pantalla para asegurar mejor el movimiento aspirante-impelente del aire.

Esta fragua es especial para calentar remaches, cuales son de uso tan frecuente en los talleres de calderería, ferrocarriles... etc.

148. 2.º *Sistema Nordlinger con estufilla.*—Viene á ser una modificación del sistema anterior, á fin de conservar mejor la ductilidad y duración del cuero del fuelle; á este fin, el fuelle (fig. 99) va cerrado en una caja A, de hierro, de forma cilíndrica, siendo ello garantía de que ni el sol ni la humedad malogre el fuelle. Es á propósito para talleres de cerrajero de obras, buques, y como auxiliares en talleres de diferentes industrias. (Su precio fluctúa de 100 á 175 pesetas una).

149. 3.º *Fragua Enfer.*—Estas son á dos vientos, ó sea corriente continua, se construye también en forma de estufilla cilíndrica y de base circular, sus dimensiones son poco más ó menos que las dos anteriores. La fig. 100 representa una sección vertical diametral.

La caja de hierro es el cilindro hueco *abcd*, dividido en tres compartimientos A, B, C, los dos últimos completamente



cerrados y separados todos entre sí, por discos también de hierro. En el espacio B hay un fuelle D, que se puede dilatar ó comprimir, según el movimiento de bajada ó subida del vástago R, unido á la palanca S, y ésta enlazada con la varilla T, cual última comunica, obedeciendo al movimiento inicial de la palanca M, vista de perfil.

El espacio E, comunica con el aire exterior, pero está incomunicado con la división C, pues el hierro ó plancha N circuye por completo la región E, formando así, una pequeña cámara de aire.

En J, hay una válvula, que abre hacia B, comunicando así el aire de A á B.

H, es otra válvula que se abre hacia B, y permite que el aire pase de la cámara E, hacia el fuelle D.

F, es otra válvula que se abre hacia arriba ó C, y permite que el aire de D, entre en C.

También K, es otra válvula que se abre hacia C, permitiendo comunicación de B con C.

En el compartimiento C, hay un segundo fuelle P, cerrado pero con una abertura en la parte superior, sobre la cual hay un casquete Z, para evitar que caiga dentro cualquier cuerpo extraño. Este fuelle tiene dispuesto inferiormente, un resorte que le hace estar tendido y un vástago que se introduce en un tubo unido al casquete, para dirigir el movimiento.

Sobre la estufilla, hay una caja V, cubierta con una plancha de hierro, que tiene un orificio en su centro, para colocar el combustible. Finalmente un tubo O, situado lateralmente, comunica el aire del departamento C al depósito V.

Mediante estos datos; es fácil ahora hacerse cargo de como funciona el aparato. Cuando la palanca M baja, la varilla T sube, ésta hace subir la palanca S, y ésta á su vez el vástago R. Ahora R, que está enlazado con el fuelle D lo comprime, el aire hace presión en la válvula F, y la abre, pasando el aire de D á C. También se abre la válvula J, á consecuencia de que el aire de B, está debilitado por la ascensión del fuelle, encontrándose más rarificado, por tener que ocupar mayor espacio que el que antes ocupaba, haciendo esto, que el aire de A haga presión sobre la válvula J, abriéndola y entrando por lo tanto aire de A á B.

En cuanto á las válvulas H y K, se comprende desde luego, han de permanecer cerradas durante este movimiento por la misma presión que sufren. Mas sigamos adelante. El tubo O,

su diámetro es mucho menor que el orificio de la válvula F, resultando de aquí, que parte del aire que ha entrado en C, por F, se escapa, entrando por el tubo O, y de éste á la caja V, desde donde llega al combustible, y las cenizas ó carbón que puede caer, se quedan en V, y no obstruyen el O. El exceso ó parte de aire que ha quedado en C, hace comprimir el fuelle P, saliendo aire de su interior hacia Z

Al contrario, si la palanca M, sube, la varilla T, la palanca S y el vástago R, bajarán, el fuelle D se dilatará, y tamaña operación, cerrará las válvulas F y J, abriéndose por el contrario las H y K, y así es, que en el fuelle D, entra ahora el nuevo aire que proporciona la cámara E, pero como al mismo tiempo, por el movimiento del fuelle D, se comprime el aire de B, éste hace presión en la válvula J, abriéndola y permitiendo la comunicación de B con C.

Mas el aire que por esta comunicación ha pasado de B á C, entra desde luego por el tubo O, y de éste á V; así es que la salida por O es continua; pero además el fuelle P, que está comprimido tiende á dilatarse por el resorte de su interior, y así, en todos los momentos en que disminuye la presión, por cambiar de movimiento de la palanca M, ó por cualquier causa se dilata P, y regulariza la salida del que corresponde al tubo O.

En esta figura, además, está previsto el caso de caldear el aire antes de inyectarle sobre el combustible, pues el espacio V, colocado debajo de la plancha que recibe el calor de la combustión, se pone á más elevada temperatura que comunica al aire que ha de pasar por él, antes de obrar sobre el carbón ardiendo.

En las fraguas en general, debe tenerse cuidado, de disponerlas en el lado más obscuro de la estancia, con el objeto de poder distinguir bien las *caldas*, condición indispensable en el recocido, que sólo se juzga por el color.

**150. Fragua-ventilador** (fig. 102).—Llamada así, por ser sumamente, expedito, el producir el aire, para activar de una manera continua, la combustión, avivando el fuego sin alternativa, ni interrupción alguna, echando mano de un cilindro especial al que se le da vueltas, sin cejar, por medio de una manecilla, cuyo movimiento continuo agita el aire, produciendo así, el viento que ingresa también sin cesar, en la plaza de la fragua. Esta fragua portátil, se considera como la mejor conocida hasta ahora dentro de las de su género;



pues dado su pequeño relativo tamaño, sirve para hierros hasta *cien milímetros*, de diámetro.

Su fácil transporte, á la par que los excelentes resultados con ella obtenidos, ha sido causa, se la diera preferencia á las demás, en el mayor número de casos, que la práctica ha deparado.

**151. Ventiladores.**—Cuando se trata de un taller de cerrajería, herrería ó fundición, en grande escala, en donde hay varias máquinas de herramientas en contínuo movimiento, entonces sería sumamente engorroso, el empleo á la vez, de un gran número de fuelles, los cuales necesitarían mucho sitio, á la par que emplearían mucho personal, y aun con todo esto, la marcha de las operaciones sería relativamente lenta, en estas circunstancias pues, es más ventajoso, recurrir á la instalación de una máquina de vapor, en substitución de los mentados fuelles, necesarios á las distintas fraguas, y entonces aquélla se encargará de comunicar movimiento á las distintas máquinas herramentales, por medio de ventiladores, cuales produciendo corrientes de aire, éste se introducirá en una tubería, desde la cual se repartirá á las toberas parciales, pudiendo regular su salida por medio de llaves.

Esta clase de ventiladores, son los que constituyen las llamadas *máquinas soplantes*. Consta de un eje giratorio, que lleva las paletas y una pequeña polea, girando sobre dos soportes, por medio de una correa sin fin, que pasa de la polea á un tambor movido por una máquina cualquiera.

El eje y paletas (fig. 101), están encerradas en una caja circular, con una ó dos aberturas, en cuya circunferencia, hay un conducto ó tubo de partida que le es tangente, por donde sale el aire aspirado, é impulsado por el movimiento centrífugo del aparato, el cual, para el mayor efecto debe estar dotado de gran velocidad.

Para aspirar el aire contenido en una capacidad cualquiera, se pone el centro del ventilador, en comunicación con esta capacidad por medio de un tubo de diámetro igual ó mayor que el de la abertura. El movimiento de rotación, que recibe el eje y paletas, obligan á salir el aire por el orificio tangencial, verificando un vacío, que reemplaza constantemente el aire aspirado que penetra por el tubo, y pasa á las dos aberturas dispuestas en el centro de la caja.

Los ventiladores, así, cumplen con el doble objeto de servir de máquinas aspirantes é impelentes.

Mr. Combes, modificó este aparato, substituyendo las paletas planas, por superficies curvas, éstas ajustan perfectamente al cilindro de la caja cilíndrica antes mentada.

Con un aparato de esta clase de $0^{m'}25$ de ancho y $1^{m}$ de diámetro, dando 1000 vueltas por minuto, se inyecta aire suficiente para los cubilotes de fusión del hierro; un ventilador de $0^{m'}60$ de diámetro y 600 vueltas, basta para alimentar cuatro fraguas en un taller de regulares dimensiones.

152. Espetones (en catalán *ramanadó*).—Son vástagos de hierro largo y delgado que emplean los herreros, para atizar el fuego, y retirar las escorias y cenizas. El *espetón* puede terminar como en la fig. 103 en un bisel de cola de milano, formando como una suerte de pequeña pala, ó bien en punta y acodado el hierro como en la fig. 104, el primero es el *espetón común* (en catalán *escura fochs*), y el segundo se llama *caidilla* (en catalán *sirventa*), en ambos casos termina el hierro por su parte opuesta, con un anillo, que se utiliza para colgar el instrumento. Es de advertir, que muy frecuentemente, conviene regularizar el fuego de la fragua, según sea la pieza, que está en ella, y entonces de cuando en cuando, se le esparze agua por medio de *rociador* (1) (fig. 174), cuyo mango es de hierro de 10 á 16 milímetros de diámetro.

153. Yunque (en catalán *anclusa*).—Es una masa de hierro ó acero, sobre el cual se lleva á cabo la operación del forjado, este cuerpo se compone de tres partes, una central, la *mesa*, en forma de paralelepípedo A (fig. 105) y las otras dos extremas, piramidal la una (*auqueta*) en B, y cónica la otra (*baña*) en C, estas dos partes, son los *cuernos* del yunque. La parte superior de la mesa es la *plataforma* D, formando un mismo plano horizontal, con una de las caras del cuerno piramidal.

Sobre esta plataforma hay dispuesto un agujero E cuadrado, en el que entra el vástago de los *Tranchetes* (Tallandó), sirviendo también para cuando se haya de taladrar una pieza en caliente.

Este primer cuerpo, formado por la mesa y los cuernos, descansa sobre un segundo cuerpo F, el *pie*, que suele construirse con huecos que le aligeran, sin quitarle fuerzas, y ofreciendo más extensión, para que el yunque tenga buen asiento. Por último este *pie*, descansa sobre un rollizo sin es-

(1) Aspargidó, conocido así por los herreros catalanes.



cuadrar G, en el cual se fija inamovible dicho *pie* por medio de clavijas *a*, que se clavan en el citado tronco.

Sobre la mesa se coloca ó apoya la pieza de hierro que se trabaja á golpes de martillo, con objeto de darle la forma que se desea.

Para asegurar mejor la inamovilidad del tronco rollizo al sufrir las percusiones de los continuos golpes, es conveniente, se empotre algún tanto, en el plan terreno, mas en el caso que por circunstancias especiales haya de descansar sobre alguna bóveda ó techo, entonces convendrá, ó bien apoyarlo en alguna pared maestra, y en su defecto sobre dos traviesas de madera ó hierro apoyadas en los muros laterales, levantando éstas algún tanto del techo, para que éste quede defendido.

Un buen yunque, al ser golpeado con el martillo, ha de producir gran sonoridad, dando muchas vibraciones, el sonido claro y argentino, que llega muchas veces á ensordecer al operario, así como á los circunstantes. Para evitar en parte tal molestia, el herrero ata fuertemente un anillo en uno de los cuernos, al cual lo hace luego comunicar con el madero del rollizo.

Se fabrican yunques de fundición, de hierro forjado y de acero, siendo estos últimos los mejóres.

Los de hierro fundido son demasiado frágiles y no aguantan siempre bien el forjado de piezas grandes, con martillos muy pesados; un yunque de hierro forjado, sería demasiado blando y maleable y no resistiría el choque sin deformarse pronto; sólo los yunques de acero salvan esas dificultades, en el concepto que dicho acero cumpla las mejores condiciones en su clase.

Sin embargo, existen medios especiales por los que, se remedian los inconvenientes expuestos para utilizar los yunques de fundición y hierro forjado, mas su descripción nos alejaría algún tanto del fin que nos hemos propuesto.

154. Bigornia (1) (esto es, dos cuernos, de *bi*, dos y *gornia*, cornus, cuernos).—Se llama así al yunque cuanto tiene (figura 106) los cuernos ó puntas más largas; el cuerpo es más alto, y en vez de descansar sobre el tronco entra en él, y se asegura, por medio de la espiga M.

(1) Regularmente los cerrajeros catalanes emplean la *bigornia*, que también llaman *enclusa* y las hay de varias dimensiones; la más ordinaria tiene 80 centímetros de punta á punta de los cuernos.

Sobre esta espiga hay una base N, cuyo objeto es impedir que la espiga entre indefinidamente en el tronco y la raje, á los repetidos golpes con que se percute el hierro sobre la *bigornia*; como en el *yunque*, la mesa debe ser acerada y el cuerno cónico debe también estar recubierto de acero en toda su superficie.

En los talleres, hay además pequeñas *bigornias* sueltas que se trasladan de sitio, montadas en un pie de madera, también las hay sin pie que se sujetan por su espiga ya en agujeros practicados en los bancos de trabajo, ya en los tornillos de sujeción.

La tabla del yunque debe estar á la altura de la cintura del operario; más baja, le obligaría á encorvarse, más alta, no permitiría asegurar el golpe de martillo, quitando al instrumento parte de su fuerza y de su peso. Los yunques y bigornias de que se hace uso en un taller de medianas condiciones, pesan hasta 300 kilos. El yunque suele colocarse cerca de la fragua, y á una distancia de ella de unos dos metros, cuya separación ó espacio es la que necesita el operario, para volver con la pieza que retira del fuego y debe poner sobre el yunque ó bigornia.

El cuerno piramidal (*anqueta* en catalán) del yunque sirve para trabajar con más facilidad, piezas rectas acodadas, mientras que el cuerno cónico (*baña* en catalán), se emplea para piezas que hayan de adquirir, curvatura como anillos, aros... etc.

El yunque se colocará de modo que el cuerno cónico se halle á la izquierda del herrero, pues así encontrándose hacia el mismo lado, el agujero del *tranchete*, le viene más á mano al trabajador, llevar á cabo sus operaciones. Si el yunque contara, con dos orificios de *tranchete* uno á la izquierda y otro á la derecha del operario, entonces sería indiferente la colocación del yunque, para con respecto al operario, siendo indiferente que los cuernos del aparato, ya el piramidal, ya el cónico caigan á derecha ó izquierda del herrero.

**155. Tajadera** (*tallandó* en catalán).—Este útil sirve para cortar el hierro en caliente y las hay de dos clases:

1.ª *La tajadera de mano* (fig. 107).—Tiene la forma de martillo, con su masa de hierro *c*, en forma de paralelepípedo recto, terminado inferiormente con dos planos *e*, *f*, inclinados y terminados en su intersección producida en el filo *g*; este hierro está unido en un mango *d*, que sirve para el manejo del útil. Para cortar con este instrumento, se coloca en el yunque el hierro de que se trate, y encima de él, el filo de la *tajadera*, para lo cual un operario la sostendrá por el mango y en la disposición de que se trata, luego se golpea ésta con un martillo, produciendo en el hierro una hendidura ó *degolladura*.



2.ª *La tajadera de acero ó de espiga* (fig. 108).—La constituye un prisma triangular *a*, provisto en su base de la espiga *b*, esta espiga se introduce en el hierro ó clavera E, del yunque (fig. 105), así colocada la tajadera, su filo estará dispuesto superiormente, colóquese ahora sobre este filo, el hierro caliente, que se quiera partir, golpeándolo desde luego con el mazo ó martillo, con ello el filo se introduce en la masa metálica y produce la degolladura tan profunda como se quiera.

El contacto de estas tajaderas con el hierro candente, las destempla muy pronto; para remediar esto, cada vez que se han empleado, se las introduce en el agua, y además se templan de vez en cuando.

**156. Martillo.**—Se compone de dos partes, cuales son: el hierro y el mango, cuyo último suele ser de madera de haya, roble ó castaño, de la mejor calidad, fuerte, compacta y resistente. El hierro es una masa de este metal que á su vez la forman dos partes, cuales son, la *cabeza* y la *boca;* la boca *b* (fig. 109) aparece en forma de cubo ó paralelepípedo, cuya base inferior ha de ser perfectamente plana y acerada (se llama peña, y se forma con un trozo de acero soldado á la cabeza) y es la parte por medio de la cual se golpea; la cabeza *a*, forma como una suerte de lengua terminada con arista viva ó filo. Hierro y mango vienen en la lengua terminada con arista viva ó filo Hierro y mango vienen enlazados por el *ojo* del primero, teniéndose de ajustar con exactitud, dicho ojo debe interesar con el centro de gravedad del hierro, para lo cual se efectúa con el hierro varias comprobaciones, antesde usar el instrumento.

Sabido es que el objeto del martillo es golpear, pudiéndose considerar como una palanca, cuya potencia y punto de apoyo está en la mano del operario, y como es resultado del choque ó percusión, es igual á la masa multiplicada por el cuadrado de la velocidad; resulta que siendo la longitud del mango la medida de esta velocidad, tanto más pesado será el martillo y mayor su mango, más fuerte será el golpe·

Hay gran variedad de martillos, en el empleo del forjado cuales discrepan en sus dimensiones, mas los principales pueden clasificarse en dos agrupaciones siguientes:

1.ª *Los machos*, grandes martillos de mango largo, movidos á dos manos, pesando de 2 á 9 kilogramos; éstos los emplean los oficiales forjadores.

2.ª El martillo *de mano* ó del *maestro*, que es de menores dimensiones que los del anterior grupo, aunque de la misma forma; y llega á pesar todo lo más unos dos kilos. Manéjalo regularmente el maestro, y sirve sólo para marcar el golpe, que el oficial pega con el macho.

Cuando un martillo está bien construído, esto es, el mango rígido, bien ajustado en el ojo del hierro, para que dicho mango no gire en la mano y pueda seguir el esfuerzo del obrero, entonces éste, está seguro de golpear donde quiera.

Para sentar bien un golpe, es necesario darle, no sólo fuerza, sino la dirección conveniente, para producir sobre la pieza que se forja, el objeto deseado; ya sea éste, aplanar, estirar alargando, ó dilatar ensanchando, no debiendo olvidar el operario que el buen forjado, depende del golpe del martillo. Para asegurar mejor que el mango no gire al chocar, es costumbre entre los operarios de escupirse las manos, y así se produzca más adherencia al apretarle fuertemente.

**157. Tenazas.**—Instrumento de hierro ó acero de mayor ó menor tamaño formado de dos brazos á manera de tijeras, vueltas las puntas, que se unen y aprietan una contra otra para asir alguna cosa.

El herrero, cuenta con variedad de tenazas, que discrepan no solamente en el tamaño, sino también en la forma de la cabeza, que depende de la clase de objetos que tiene que sujetar, para trasladarlos de la fragua al yunque.

Las variedades pueden reducirse á las siguientes:

1.ª *Tenaza común* (fig. 110).—Compuesta de dos varillas articuladas alrededor de un eje remachado á una distancia de la cabeza, que varía más ó menos, pero que rara vez excede de 16 centímetros en las mayores tenazas, estas varillas terminan en sus extremos menores por dos ramas, cuales son concurrentes, cerrado que sea el instrumento, y afectan en su conjunto la forma de la punta de una lanza. Estas ramas pueden ser rectas como en la fig. 111, ó ligeramente curvas, afectando cada una en su figura cual un cuarto menguante como en la fig. 110. En la fig. 112 se muestra otro ejemplar de tenaza, para apretar más de un objeto á la vez, guardando su resbalamiento los rebordes laterales.



2.ª *Tenazas de anillo.*—Es la que corresponde á la figura 113. Cuando las dos ramas superiores tienen tal curvatura, que una vez cerradas, aquéllas se reunen formando verdadero anillo.

3.ª *Tenazas de bujes* (figs. 114 y 115).—Cuando las extremidades están dobladas en ángulo recto.

4.ª *Tenazas de bujes anilladas* (fig. 116).—Es una modificación de la anterior, en donde las ramas acodadas rectas, terminan aquí por líneas arqueadas formando punta de lanza ó anillo.

5.ª *Tenaza cañonera* (fig. 117).—Las ramas extremas son aquí superficies curvas cilíndricas y rectas, formando cañón, al cerrar el instrumento.

6.ª *Tenaza de aprensadera.*—Cuando siendo muy grandes las tenazas y han de sujetar objetos muy pesados, entonces las varillas llevan un anillo (fig. 118), cuyo objeto es, después de sujetar la pieza por la boca de la tenaza y haber bajado por el canal, reunir entre sí los extremos de las varillas de modo que sujete fuertemente al objeto que se trabaja.

**158. Pinzas.**—Son también una suerte de tenazas, aunque más sencillas que las precedentes y se forman con un simple hierro acodado en línea curva á semejanza de las tenacillas de estufa (fig. 119), y así la elasticidad que le preste la forma encorvada, hace que se abran más ó menos sus ramas y por lo tanto sus bocas ó extremos, para facilitar y hacer permanente la presión; hay algunas pinzas que suelen ir acompañadas con el anillo mentado en las tenazas anteriores. En general las pinzas se usan para objetos relativamente de poco volumen.

**159. Estampa** (del alemán *stamp* que vale tanto como *martillo*, en catalán *tas*).—Especie de herramienta matriz, de acero, que sirve para dar forma determinada al hierro caliente (1). A este efecto esta herramienta lleva consigo un hueco exactamente igual en forma, al relieve que se trata, afecte el hierro, aprovechando la maleabilidad que posee en

(1) ... la cual tomaba el alambre y lo conducía á la *estampa*, que le daba el golpe, para hacer la cabeza.—GODÍNEZ DE PAZ, *Memoria de Cerrajería*.

caliente, para que se le obligue en el machaqueo á entrar en el molde y adquirir dicho relieve.

Hay dos clases de útiles de esta clase, y son:

1.ª *Estampa de abajo* (tas) (fig. 120).—El hierro matriz lleva una espiga en la parte inferior, la cual se introduce en la clavera del yunque, haciéndose así fija semejante matriz; en tal disposición se coloca, encima el hierro en caliente precisamente en contacto en el mismo sitio donde se quiera obtener semejante relieve, golpeándole luego fuertemente, hasta haber realizado la operación.

2.ª *Estampa de arriba* (contra tas).—Al contrario de lo que sucedía en el caso anterior, en que el hierro caliente se colocaba sobre el matriz, aquí el matriz se coloca sobre el hierro y se machaca aquél. A este efecto el matriz afecta la forma de martillo (fig 121), en donde una de las bases del paralelepípedo del bocarte lleva la forma del hueco, igual al anterior. Se coloca ahora el hierro caliente sobre el yunque, y encima de él, el matriz ó contra estampa, sujetándola por medio del mango de madera, golpeando en seguida sobre ella.

**160 Estampillas.**—Son las matrices que se emplean para bajo relieves poco profundos.

**161. Canalejas.**—Son las estampas que se emplean para labores corridas.

**162. Doile.**—Es una estampa (fig. 122), que se emplea, cuando hay necesidad de formar pequeños casquetes en forma de pezones en una pieza de hierro, con este motivo, la cara ó base del bocarte del martillo, lleva un hueco igual al pezón que se ha de producir, y así aplicada sobre el hierro en caliente y golpeando encima, produce un relieve en forma saliente que constituye el pezón indicado.

**163. El degüello** (en catalán *ascanyadó*).—Es simplemente una tajadera, que puede ser de mango ó espiga, la cual, en vez de tener un corte vivo y afilado, sólo está redondeado. Su objeto es producir en el hierro un ahondamiento para poderlo doblar con más facilidad.

**164. Punzones.**—Son instrumentos, cuya misión es el abrir agujeros sobre el hierro caldeado. Se reducen á simples vástagos de hierro, cuyo grueso varía entre ellos, pues los hay de varios gruesos, y de uno á dos centímetros de longitud afilados en punta cónica y acerada en su extremo, terminando en el otro por una cabeza plana, acerada también, sobre la que obra el martillo. Hay punzones como el de la



figura 123 que llevan mango de madera, formando así martillo. Cuando los punzones son poligonales, entonces se llaman *puntales*.

Además de estos punzones que podemos llamar comunes, y que maneja directamente á mano el operario, existen otros ejemplares de más precisión y cuya acción es en general más rápida; su número es considerable; así es que mencionaremos solamente dos de ellos.

*Punzón con tornillo.*—Es el que muestra la fig. 144, lámina 7.ª; afecta en su cuerpo principal la figura de una C, armada en su cabeza de un tornillo A de libre paso, que termina en su parte superior por una cabeza esférica, atravesada por un hueco cilíndrico, el cual permite el paso, y que se aloje en él una barra como palanca, sujeta á girar horizontalmente, haciendo, con este movimiento giratorio, descender ó ascender el tornillo, según sea el sentido en que se conduzca el giro. En el brazo inferior de la C, existe una pequeña plataforma, en donde hay establecido un pequeño agujero circular cuyo diámetro sea ligeramente mayor que la plancha que haya de perforar. En este supuesto, y teniendo en cuenta que ya se ha tenido buen cuidado de señalar el agujero en la plancha con que se va á operar, colóquese ésta en dicha plataforma, de modo que el eje del agujero dibujado, coincida con el del hueco circular de la plataforma, y también con el eje vertical del punzón *a*, que está unido al tornillo, y en semejante disposición, dése vueltas á la palanca, haciendo bajar con ellas al tornillo, el cual imprimirá la percusión del punzón sobre la plancha de hierro, perforándola y desprendiéndose de ella un pequeño cilindro, cuyo ancho será igual al del vástago del punzón (pues ya adrede se ha escogido que el diámetro de dicho vástago fuese igual al del orificio practicado en la lámina de hierro), y cuya altura será la misma que el grueso de la plancha.

Con este pequeño aparato puédense practicar agujeros de 20 milímetros de diámetro en láminas de hierro de 16 milímetros de grueso.

Sin embargo, con este pequeño instrumento, la operación se hace, si cabe, demasiado lenta, y también algo pesada á causa del movimiento de brazos con que se aplica á la palanca.

El tipo de punzón y su palanca de la fig. E″ es preferible al anterior, pues resulta más fácil y sencillo de operar y no

tan fatigoso, la palanca obra verdaderamente como á tal, esto es, por el movimiento giratorio descendente, siendo mucho más fácil hacer la presión con ella. Por lo demás, sin ulteriores explicaciones, la figura muestra perfectamente su manejo y el modo de operar. (1)

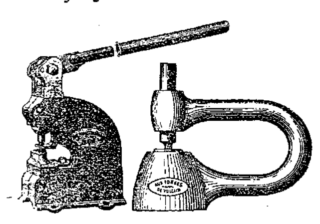


Figura E″

165. **Berbiquí.** — Es el Berbiquí un instrumento que sirve también para taladrar, y se compone de un hierro (figura 145, lámina 7.ª), doblemente acodado, afectando la forma de una letra C, terminada en la parte superior por una cabeza, como si fuera un sello ó si se quiere un casquete esférico *e* (llamado *conciencia*); hacia el extremo inferior, está unido con un pequeño anillo *h*, cilíndrico ó prismático, hueco en parte en su interior, formando este hueco la figura piramidal cuadrangular, en que la base inferior es mayor que la superior; estaa nilla lleva en una de sus caras un pequeño tornillo de presión G, cuyo tiene por objeto fijar la varilla *i*, que lleva el *taladro* ó *broca*, en cuyo caso esta espiga ha de estar constituída de modo para que se adapte y ajuste perfectamente en la pequeña cámara ú ojo piramidal antes expresada.

Finalmente en el vástago vertical de la C, hay dispuesto un puño ó manecilla en forma de elipsoide *f*, y este es á juego libre, y de tal modo establecido, que el operario pueda girar fácilmente el instrumento, apoyando su mano sobre el cuerpo *f*, evitando éste que aquél se lastime la mano, á la par que le sea más cómodo el trabajo.

166. **Berbiquí de engranaje.**—Con el berbiquí que acabamos de ver, que es el común y que mas ordinariamente se emplea: no es posible su uso: cuando se trate, cuando haya precisión de hacer taladros en las inmediaciones de los ángulos entrantes de los cuerpos que se trabajan, estando limitada la distancia por la longitud de lo arqueado de la C, ó sea acodado de los brazos del instrumento; así es que con motivo

(1) En la fig. E″ hay dos modelos, de punzones con palanca; y aunque no figura dicha palanca en el segundo modelo, se sobreentiende que ella actúa sobre la tija vertical, y de una manera análoga, como está representada en el primer modelo.



de evitar este inconveniente, se ha sustituído la barra acodada por otra recta A (fig. 146), que lleva en su parte inferior una rueda cónica *b*, de engranaje, á la que pone en movimiento otra también cónica *c*, cuyo eje se termina por un lado en un anillo por el que pasa la varilla, y en el otro por una manivela para producir el movimiento.

167. **Berbiqui fijo.**—Por regla general en los berbiquís de cerrajero se sustituye la forma de la cabeza, como si fuera coronando el vástago de un sello, por un tornillo *a* (fig. 148), terminado en punta, la que se apoya en una cavidad *b* practicada en el árbol acodado A. El tornillo tiene por cabeza una rueda de volante ó bien una manecilla en forma de barra ó palanca horizontal á propósito para el trabajo del tornillo citado *a*, el cual comprime el berbiquí haciéndole avanzar á medida que profundiza el agujero, movimiento de descenso que se combina con el giratorio, y así ambos á dos concurren á que la broca de la herramienta desgaste el hierro, en el punto del objeto sobre el cual actúa, para así producir el agujero. La pieza que se desea taladrar, se la sujeta por medio de un tornillo B. Ya hemos dicho que el tornillo de presión *a*, empuja y hace bajar al aparato á medida que se va profundizando el agujero; este tornillo pasa por una tuerca practicada en una barra que entra en una palomilla sólidamente fijada en el muro: dicha barra puede adelantar mas ó menos, y una vez colocada en su sitio, se fija por medio del tornillo de presión C; montado el aparato de este modo, sólo resta imprimir un movimiento circular al berbiquí, para que éste haga obrar sobre el hierro á la broca que lleva en su parte inferior. En el caso presente se ha supuesto ser una llave el objeto que se perfora, precisamente en el sitio donde se ha de establecer el cañón del alma próximo á los dientes.

168. **Berbiquí portátil.**—Se emplea este berbiquí cuando convenga practicar agujeros en piezas ya montadas, como suele acontecer con las verjas, rejas ú otro detalle. En este caso el instrumento va comprendido entre los brazos de un hierro A (fig. 147), doblemente acodado como C, sirviendo hasta cierto punto de prensa al berbiquí B, este hierro lleva en su parte superior un anillo D, aterrajado, en el cual entra el tornillo de presión E, como el del caso anterior. En la parte inferior lleva un ensanche F, en forma cóncava, en el cual se adapta la barra ó pieza G, que se quiera taladrar. Colocando pues el berbiquí, conforme indica la figura, con su broca co-

rrespondiente, se apretará el tornillo E, y se impulsará un movimiento rotatorio, cogiendo el aparato por el elipsoide ó cilindro B (según sea su forma, pues una de las dos se emplea).

El útil así dispuesto puede colocarse y funcionar, en todas las posiciones que convengan, cuidando de templar constantemente el tornillo de presión E.

Las brocas de estos aparatos de agujerear, son todas semejantes, variando solamente en sus dimensiones. Se construyen con una varilla de acero, á la que se le da por un extremo la forma piramidal H, y por el otro se aplana en caliente dándole la figura de punta I de lanza: después se templa y se afila en la piedra de agua.

**169. Taladro á pecho.**—Este útil es á propósito, para cuando se trate de practicar agujeros pequeños, y en dirección determinada. Véase al efecto la figura 149. Se compone de un vástago de acero, terminado en un extremo *a*, por una punta cónica, y del otro, de un corte templado y duro *b*, y es el que abre en frío pequeños agujeros. Este vástago está internado en el sentido del eje del *carrete* C (especie de manguito cilíndrico) al cual se comunica un movimiento de rotación muy vivo por medio de un arco *d* cuya cuerda dá algunas vueltas sobre el *carrete*.

La manera de trabajar este útil es como sigue:

Empieza el cerrajero á colocarse sobre el pecho, frente al estómago, una placa ovalada A (fig. 149e) la cual tiene una forma algo cóncava hacia la parte que cae sobre el cuerpo del obrero, el cual además interpone para no estar molesto una almohadilla. Una cuerda ó correa, servirá para fijar dicha placa, cual si fuera cinturón.

Lleva esta placa un prisma saliente D de bronce, que tiene practicado en su pared central un agujero profundo; esta placa recibe el nombre de *conciencia*.

En el agujero del prisma D, entra holgadamente el gorrón *a* del carrete, mientras que la broca *b*, oprimida contra la pieza *e*, que se ha de taladrar; por el pecho del obrero, sólo se necesita para producir efecto, que se le anime de un movimiento rotatorio.

Se consigue esto por medio del *arquillo* que consta de tres partes, el *mango ó empuñadura f*, el vástago *d*, y la cuerda *g*, arrollando ésta al carrete y sujetándola con el mango, se imprime al aparato un movimiento alternativo rectilíneo, transformado en el carrete por circular alternativo,



por el cual se mueve la broca, produciendo el taladro en la pieza que se ha de agujerear.

*Avellanador.*—Cuando se han terminado los agujeros es necesario matar los vivos de sus bordes, para esto se hace uso de la *fresa ó avellanador*, que no es otra cosa que una especie de luna gruesa semi esférica puesta en el extremo de una broca, y que se sustituye á la broca de taladrar; esta herramienta mata los filos del agujero, y si es necesario que el tornillo ó redoblón, que haya de entrar quede con su cabeza embutida; se hace obrar el avellanador, hasta que haya producido el suficiente hueco.

Además de todos estos taladros, también emplea el cerrajero el *Trepano*, el *taladro simple* y el *taladro de ballesta ó para uso de cerrajero*; los dos primeros descritos en los párrafos 346 y 348 en el Tratado de la *Madera y su estereotomia*, y el tercero es una simple modificación del Taladro á pecho, que acabamos de ver en el núm. 165 y en el que se introduce una polea.

**170. Máquina para taladrar.**—Todo taller de alguna importancia, ha de contar con una *herramienta-máquina* de esta clase, pues así se verifica con más brevedad y economía la operación del taladro, sobre todo si ésta ha de tener lugar con mucha frecuencia y en tiempo continuo y prolongado. Son muchos los tipos de máquinas de esta clase, por lo que nos limitaremos á describir solamente una de ellas.

*Máquina de pedal.*—Es el cuerpo general del aparato, una fuerte armadura de hierro fundido S (fig. F'') descansando sobre un pie T, que le sirve de base.

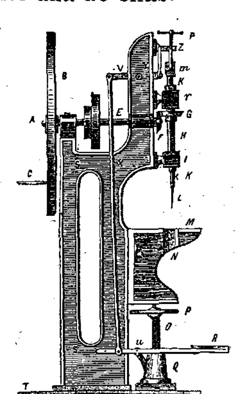


Figura F''

Esta armadura sirve de sostén á un eje AE, que recibe movimiento circular, ya sea por el volante B, por medio del manubrio C, sobre el que puede operar un hombre, ya también por poleas que tomen el movimiento de una máquina ó motor cualquiera por medio de una correa sin fin; sea cualquiera el medio motor que imprima movimiento al eje E, éste por medio del engranaje cónico FG logra mover circularmente al cilindro H, unido á la rueda cónica G, por

la parte central y sostenido en las cajas I, *v*, entre las cuales se mueve circularmente; dicho cilindro está taladrado en su interior, y por él pasa el cilindro macizo KK, que es arrastrado por el movimiento circular del H, á beneficio de una ranura que lleva el primero en la que entra una espiga que tiene el segundo, sin que esto les impida moverse en el sentido vertical; este cilindro K, lleva en su parte inferior un hueco en el que se asegura la broca L, por medio de un tornillo de presión.

Debajo de esta broca, hay un tablero de trabajo M, el cual lleva en su centro un agujero para que puedan caer las virutas, dicho tablero puede subirse ó bajarse á voluntad, por medio de la rosca O, que entra en la caja Q, impulsada por el volante P.

Con ello se comprende ahora, que si un operario coloca sobre la mesa M, el cuerpo que desea taladrar, y le acerca á la conveniente distancia, valiéndose del tornillo y volante OP, y apretando el tornillo P para que descienda la broca á punto preciso, no logrará nada, aunque se imprima movimiento al aparato porqué la broca no avanzará, y por lo tanto no producirá el objeto deseado, que es producir un agujero; pero si el operario conforme está la máquina en movimiento, apoya su pie, con suficiente fuerza en el platillo R, este moverá la palanca que articulada en *u*, empujará la biela X, y ésta en su movimiento ascendente, moverá la palanca articulada V, que tirando de la brida Y, arrastrará hacia abajo la pieza Z, que por medio de otra brida empujará hacia abajo el collar *m*, unido al eje K, que al descender hará descender á la broca L, la cual avanzará por este medio desgastando y ahondando el agujero que practica, mientras dure la presión que hemos indicado; presión que puede regular el operario á su gusto, independientemente de la marcha de la máquina.

Este aparato sólo pesa 150 kilogramos, y su altura total no llega á 2 metros pudiendo ponerse en movimiento, por la acción de un hombre. Tiene la ventaja de la regularización voluntaria de la presión. El número de vueltas de la broca por minuto, puede ser de 80 para el hierro fundido, 120 para el forjado, y 150 para el bronce, variando según los diámetros de los agujeros que se desean.

171 Torno.—También se usan los Tornos para tornear las piezas de hierro, habiéndose extendido bastante, su uso



en la cerrajería para hacer modelos, así como la mayor parte de las piezas, que forman las cerraduras, los tiradores, bellotas, remates, machos y hasta tornillos.

Una de tantas máquinas que puédense mostrar como á ejemplo de torno, el de la fig. G″ es la que escogemos como la más generalmente empleada en los talleres de importancia. Consta de un banco, el cual lleva un pedal, en su parte inferior, que da movimiento á un volante, por cuyo canto pasa una cuerda de tripa ó bordón, que es el que trasmite el movimiento á la polea superior y al árbol móvil, el cual al girar arrastra el plato ó mandril que sujeta la pieza que se ha de labrar. La mesa de este aparato, está formada por dos fuertes maderos guarnecidos de llantas de hierro, con sus aristas interiores, entre las cuales queda una ranura en dirección de su mayor longitud, y en esta ranura se aseguran las piezas que á continuación se citan:

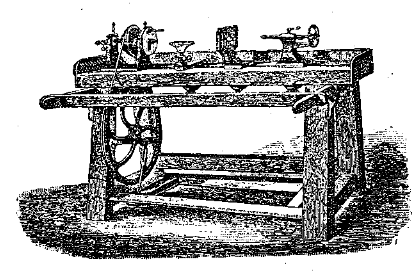


Figura G″

Las muñecas son dos piezas que constituyen los dos extremos horizontales del aparato; una de ellas, la que está á la izquierda del operario, por donde se recibe el movimiento del volante, se fija y sirve de cojinete á un eje, en el cual, por el lado exterior lleva una polea de bronce ó madera muy dura con gargantas de varios diámetros, por los que alternativamente pasa el cordón, según la velocidad que se quiera comunicar al aparato: este eje descansa, además en otro cojinete perteneciente á la misma muñeca con objeto de estar más fija é invariable en una dirección: dejando entre ambos el juego de poleas mencionado.

Por la parte interior del primer cojinete pasa el árbol, llevando en él, una punta de acero colocada en un platillo circular, llamado *mandril*, que lleva un hierro saliente; sobre esta punta y plato, se asegura la pieza que se desea tornear.

La otra muñeca, colocada en el extremo opuesto de la ranura del banco, es movible y lleva también una punta acerada colocada en la misma línea y á la misma altura que la

de la muñeca fija, con la que se sujeta por el otro extremo la pieza que se ha de tornear; de modo que quede suspendida en el aire y en disposición de girar: esta punta puede avanzar ó retrasar por medio de un tornillo y lleva en su extremo, un volantito, y se sujeta en una posición determinada, merced á un tornillo de presión colocado en la parte superior.

Esta muñeca puede acercarse ó separarse de la otra, corriéndola en la ranura del banco, en la que entra ajustada una cola ó apéndice inferior que se fija cuando se quiere, por medio de un grueso tornillo de presión.

Los soportes ó apoyos, son de dos clases; la primera es el porta-herramienta, que es una pieza destinada á sostener el útil que trabaja, y consiste en una pieza de hierro que termina en una cola, que entra en la ranura del banco y puede correrse á distintos lados, fijándose, cuando esté convenientemente situada, por medio de un tornillo de presión. La segunda que no es más que un apoyo, está destinada á contener, las piezas que se tornean, cuando son largas y delgadas. El banco lleva, por último, un aro formado por tres piezas de madera que sobresalen, y en las cuales se apoya el operario con la cintura, para asegurar su posición, al impulsar el pedal.

172. **Grandidores ó brocas**.—Son punzones sin punta; de acero templado que sirven para agrandar, los agujeros, redondearlos, y perfeccionarlos, cuya operación, se llama *desbrocar*.

173. **Grifas**.—Muchos son los útiles que denomina así el herrero, y que sirven por cierto á variedades bien distintas, por lo que se distinguen, una de otra agrupación, por el nombre calificativo que las acompaña, así hay dos agrupaciones y son:

1.ª *Grifas de estampar*.—Son plantillas de diferentes formas, cuyo objeto, es aplicar sobre ellas, el hierro caldeado, para darle la forma que dichas grifas tienen; golpeando sobre él. Estas varían de muchos modos, según la clase y forma del trabajo que se efectúa.

2.ª *Grifas de acoplar*.—Su objeto es aprisionar al hierro ó pieza que se labre; entre unas quijadas de que va armado el instrumento, y torcerle en la dirección que se crea más conveniente; con objeto de enderezarle ó darle la forma que se desee. Las hay de varias clases, las más comunes, consisten en un vástago de hierro (fig. 126), llevando en sus extremos las quijadas, en forma de dientes rectas, unas en un sentido, y las del otro extremo en el lado opuesto. Es el útil, que los herreros catalanes llaman *torna guixas*. El hierro que se trata de deformar, se aprisiona en el tornillo del herrero, y una vez fijo así, se le coge por uno de los dientes ó quijadas *a*, girando la grifa A, en el sentido que se desea, hasta obtener la forma ó torsión que se quiera dar al mencionado hierro.



Otras veces la grifa lleva las quijadas acodadas por medio de una pequeña curvatura como en la fig. 127. (Es la llamada baña, por los herreros catalanes) y con ellas se obtiene igual resultado que las del ejemplo anterior. Se comprende que en un taller, las ha de haber de varias dimensiones, en virtud de los distintos gruesos de los hierros en que se opera.

174. **Cortafríos** (en catalán *escarpas*).—Especie de cincel armado de un buen acero y de temple duro, y que pueda resistir sin quebrantarse, los golpes del martillo (fig. 124). Sirve para cortar el hierro en frío; aunque algunas veces también se emplea en caliente. Los hay de varias dimensiones, pero las ordinarias son: Altura del vástago 20 centímetros, ancho 25 milímetros y el grueso 12 milímetros; está terminado con un bisel muy fino *ab*, y en su parte superior por la cabeza *cd*, sobre la cual se percute, hasta haber obtenido la cortadura.

175. **Buriles**.—Son los instrumentos que se emplean para hacer marcas y pequeñas entalladuras, pero en rigor entran en la misma clase que las anteriores.

176. **Burro, Borriquete ó Caballete** (*la mossa*, en catalán).—Es el útil que se emplea para sostener la extremidad de un hierro largo que se trabaja, cuya otra extremidad, está ya en la fragua durante la calda, ó ya sobre el yunque durante la operación de forja, de esta manera dispuesto el hierro, su peso y volumen no dificulta tanto la maniobra y esa puede llevarse más fácilmente. El aparato (fig. 128) consiste en dos hierros ó fajas de llanta *ab*, *cd* verticales; el primero fijo y sostenido por un *pie de gallo*, como un trípode, y el segundo movible, resbalando sobre el primero, los topes *ab*, llevan anillos en su interior por los cuales pasa el vástago *cd*, el tope fijo en el extremo superior de *ab*, y el tope *b* conducido en el extremo inferior *cd*. Tanto el vástago *ab*, como el *cd*, están perforados de trecho en trecho, por pequeños agujeros 1, 2, 3, 4.., etc. Así queriendo emplear este instrumen-

to, se empieza por hacer correr la vara *cd*, subiendo ó bajando según se quiera, hasta obtener la altura *ef*, que se desee, entonces para que éste quede invariable, se procede á fijar su posición por medio de un tornillo que se aloja en el agujero n.º 2 por ejemplo, cuyo agujero coincide con el otro que tiene en frente que pertenece á la vara fija *ab*, y en este caso el travesaño *gh*, de la parte superior servirá de apoyo á la pieza de hierro que se trabaja.

Algunas veces una simple cuerda pendiente del techo, puede substituir al borriquete.

**177. Tornillo de Banco** (*cargol de banc*, en catalán)— El cerrajero para trabajar en las piezas de hierro, le precisa que se encuentren fijas, esto es exentas de todo movimiento que desvirtuar pudiera la labor que es necesario realizar, y á este efecto se echa mano del útil llamado *tornillo*, del que se cuentan varias clases, clasificados según su construcción y del modo como están sujetos.

El tornillo de uso más común es el que representa la figura 129, se le puede comparar á una prensa (1) de hierro, compuesta de dos gruesas quijadas A y B, formando como una suerte de tenaza. Mas por ser quijadas, su forma es tal, que van ensanchándose, hacia la parte superior ó sea su cabeza. De estas dos quijadas, la A, es fija pues puede descansar en el suelo por medio de un pie C, y además inamovible en el banco del trabajo por medio del collar ó abrazadera ó correa de enlace D. En cuanto á la B, es movible pudiendo girar en torno del eje E, y así aproximarse ó apartarse dichas dos quijadas.

Las dos están fabricadas de modo que tengan un ensanche hacia el primer tercio superior, para así permitir, en su interior un canal ó caja circular labrada en forma de tuerca, en la cual se aloja el tornillo F, terminado exteriormente por una cabeza G, que algunas veces es de forma esférica, y otras como en este caso de forma cilíndrica, pero lo suficiente gruesa para permitir el asiento y suspensión en ella del brazo de palanca H, por medio del cual y girándolo, se logra atornillar ó destornillar el tornillo de su tuerca, obteniendo con este movimiento, el aproximar ó separar lo que se quiera

(1) Por esto, también se le conoce con el nombre de tornillo de presión.



las quijadas. La manivela ó palanca H, está terminada en sus extremos por dos pequeñas esferas y cuerpos salientes que impiden que aquélla se salga de su aloje.

Un muelle I, tiende á separar las quijadas, cuando se efectúa el movimiento destornillador.

Finalmente lo interno de los bocados mandibulares, está como estriado y acerado, cual si fuese la superficie de una lima, á fin de que esta disposición asegure mejor el objeto que se trata de aprisionar y evitar todo resbalamiento que pudiera ocurrir.

**178. Tornillo portátil ó de talón** (en catalán *cargol volant, cargol de campaña*).—Frecuentemente el cerrajero vése obligado, á trabajar en la misma obra donde se levanta la construcción, y entonces sería sumamente penoso tener que trasladar los instrumentos de faena, tal como son y van instalados en los talleres. Por lo referente al tornillo de banco, se comprende que es uno de los instrumentos más voluminosos, pues si tuviera que trasladarse junto con el banco ó mesa donde va enlazado, acarrearía gran incomodidad, aparte de que también haría falta en el propio taller, según fuera la cantidad de trabajo con que contara el cerrajero; pues bien, para evitar este inconveniente se echa mano de un tornillo portátil (fig. 130), el cual se compone de las mismas partes descritas en el tornillo de banco, diferenciándose tan sólo en las siguientes modificaciones:

1.ª El pie de la quijada, que en el tornillo anterior se prolongaba como una pierna para apoyarse en el suelo; en este caso se suprime, terminando así la quijada en la caja M, que sostiene el eje ó charnela N, alrededor del cual gira la otra quijada B.

2.ª La quijada A, la fija ó más próxima al banco, lleva consigo dos orejones C y D, el primero plano en su parte inferior y armado de algunas puntas piramidales, y el segundo formando anillo, trabajado en *tuerca* en su interior, en el cual juega el tornillo vertical T, terminado en una esfera hacia el extremo inferior; y en una cabeza terminada en puntas hacia el extremo superior. Se comprende ahora como este instrumento pueda establecerse, haciéndole fijo en el borde de una mesa cualquiera, cuyo borde vendrá comprendido en el espacio que dejan los platillos *m* y *n*, espacio que al tenerse de adaptar al grueso de la mesa de que se trata, obligará á hacer girar más ó menos al tornillo vertical T, y cuando esté

ya en su debida posición, entonces los dientes de los platillos *m* y *n*, habrán entrado mordiendo á la mesa lo cual contribuirá á la fijeza del aparato.

Conviene advertir que en la mayor parte de los casos, se emplean *mordientes*, esta es unas piezas de madera ó de metal (fig. 131) que se colocan entre las quijadas del tornillo, para que sirvan de intermedio entre ellas y las piezas que se trata de sujetar, con objeto de no deformarlas ó dañarlas. El mordiente está formado por dos trozos de las materias antes dichas dobladas en ángulo recto, de modo que montan sobre el ángulo de las quijadas.

**179. Tornillo de mano ó entenallas** (en catalán, *cargol de má*, *entanallas*).—Es un tornillo de reducidas dimensiones, para sujetar objetos de detalle que ofrezcan poco volumen, como se infiere de la fig. 132; se compone de dos quijadas que aquí están formadas á manera de piezas unidas á charnela, con un muelle que tiende á separarlas, en general, como lo indica el nombre, este tornillo, lo tiene á la mano el operario durante el trabajo; sin embargo no excluye el caso que por conveniencias especiales pueda sujetarse al banco, como lo demuestra la fig. 133, en donde el tornillo, lleva los dos orejones, como el que se ha visto de talón. Estos tornillos suelen pesar menos de 5 kilogramos; los de banco se fabrican de modo, que los mayores fluctúan en un peso de 50 á 300 kilogramos; los medianos desde 25 á 50; y finalmente de 5 á 25, los llamados de talón ó portátiles.

**180. Tornillo Hanschwarz.**—Varias modificaciones se han hecho con los tornillos de banco, una de tantas, es la que ofrece la fig. 134, lám. 7.ª y que ofrecemos, por ser la más moderna. En el tornillo ordinario, y á consecuencia de la acción oblicua, que resulta de abrirse las dos quijadas en ángulo se desarrolla un esfuerzo de flexión, esfuerzo que algunas veces, andando el tiempo ha llegado á romper el macho del tornillo, lesionando al operario (fig. H''). Al efecto de evitar este inconveniente, el ingeniero constructor Hanschwarz, ha construído un aparato, en que el movimiento de las quijadas, es tal, que aquellas se separan ó aproximan, conservándose siempre paralelas.

Por lo demás, el aparato, es en sí sencillo; se compone de dos cuerpos A y B, el primero lleva consigo, dos hojas como cuchillos C y C', cortados inferiormente en corte de *cremallera* (esta constituye aquí el tornillo); también acompaña á



la pieza A, la cabeza D, por la cual se apoya, la palanca ó manivela E.

En cuanto á la pieza B, ésta lleva su pie F, terminado en un plano por el cual se apoya en el banco, por medio de los tornillos T y T'... etc., cuyos lo hacen fijo, además en lo interior hay practicadas, dos cajas rectangulares gemelas, en las que se introducen las hojas C y C', de cremallera; finalmente en la parte superior de estos cuerpos A y B, hay en cada uno su correspondiente bocado de las quijadas.

Una vez engranada la cremallera, el movimiento de traslación horizontal, se verifica instantáneamente dando vueltas á la manivela. No puede negarse que este aparato es de manejo fácil, á la par que economiza tiempo, pues si en el tornillo ordinario, el oficial cerrajero, al querer abrir ó separar las quijadas, viene obligado á girar la manivela hasta conseguir su objeto, aquí; basta tan sólo que levante algún tanto la pieza A, y lleve hacia sí horizontalmente las dos hojas C y C', para engranarlas nuevamente, en los dientes de la cremallera. El cierre es también instantáneo.

Este aparato se fabrica con distintos tamaños, pudiendo fluctuar ellos en un peso desde 5 kilos hasta 80.

La fig. H'' muestra dos operarios trabajando, uno, en el tornillo ordinario, y otro en el modificado de cremallera horizontal, figurando en el primero el percance desgraciado de la rotura del tornillo.

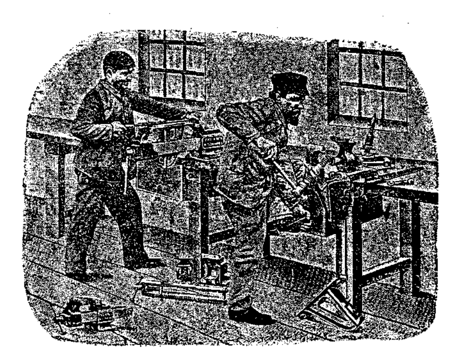


Figura H''

**181. Terraja. Hilera** (1) (en catalán *filera*).—Es la herramienta que se emplea para construir los filetes de los tornillos.

Este útil, está construído con una plancha de acero, y su

(1) También se llama *hilera*, á la herramienta que sirve para tirar los alambres.

disposición varía según el mayor ó menor diámetro que hayan de tener los tornillos. A este efecto se emplean dos sistemas de terrajas; la una es la *terraja simple* (*filera continua* en catalán) y sirve para tornillos de pequeño diámetro ó tornillos pequeños, y la otra que se llama *terraja de cojinete* (en catalán *filera de cuxins*) á propósito para la construcción de diámetro relativamente grande.

182. **Terraja simple.**—Se concreta tan sólo (fig. 137), en una plancha de acero bien templado P, cuyo grueso depende de la altura del fileteado (1) del tornillo que hay que labrar, en esta plancha hay dispuestos una serie de agujeros *a*, *b*, *c*... etc., cuyos diámetros van creciendo ó decreciendo insensiblemente, fileteados en tuerca ligeramente cónicas, ó de nó cilíndricas; según sea. Finalmente, la plancha mencionada, lleva en sus extremos un brazo ó manecilla B y B', que sirven para manejar el aparato, efectuando la operación del modo siguiente: Se coge el hierro ó roblón que se trata de filetear, y cuyo diámetro sea igual, al del exterior del tornillo, y se le coloca vertical con la cabeza hacia abajo, y la punta de su vástago hacia arriba, entre las dos quijadas de un *tornillo de banco* y de modo que quede bien comprimido y asegurado; se elije luego en la *terraja*, un agujero ó hembra, la *b*, por ejemplo, y se toma la terraja por sus mangos, apoyándose bien horizontalmente, sobre el extremo del roblón por la parte más ancha del agujero; después se hace girar la terraja de izquierda á derecha (cuyo movimiento se llama directo), haciéndose en sentido contrario ó con *movimiento inverso*, si hubiese necesidad de fabricar un tornillo especial con las espiras invertidas. El movimiento ha de ser lento, igual, y con una presión moderada, constante é idéntica en los dos brazos. Se comprende ahora, que en el trecho del vástago, que haya trabajado el aparato, se habrá producido un desgaste, el cual habrá transformado la forma del hierro, á la del dibujo ó perfil del filete del tornillo, continuando dicho trabajo de la rosca, hasta al punto que debe empezar el cuello del tornillo; en cuyo caso, se saca la terraja, haciéndola girar con movimiento inverso, y luego se repite la operación al objeto de perfeccionar el perfil; y así el tornillo quedará ultimado; suponiendo hecha la cabeza que es lo primero que se trabaja. Algunas veces conviene que los

(1) Pero que raramente excede dicho grueso de 3 milímetros.



tornillos tengan punta, la que se saca en el torno, ó mejor con una lima, haciendo corte en una de las últimas espiras. Siendo el tornillo muy pequeño se prescinde fijar el vástago en el *tornillo del banco*, y entonces el obrero, toma la terraja, con la mano izquierda y con la pieza que va á labrar, reproduciendo luego la operación más arriba detallada.

183. **Terraja de cojinetes.**—Las terrajas simples, ya hemos indicado, se emplean tan sólo, para fabricar tornillos pequeños, como de 2 á 7 milímetros de diámetro, estos tornillos son en general cilíndricos, y por pequeña que sea la diferencia de dos diámetros consecutivos de dos agujeros en la misma placa, es posible que ocurra obtener, un tornillo de diámetro intermedio. Para subsanar este inconveniente y tener algunos tornillos de mayor calibre, se recurre á la *terraja de cojinete*; de manera que una terraja dispuesta, para aterrajar un tornillo de un cierto diámetro, puede servir también para otro algo más fino, ó grueso.

Esta terraja se compone (fig. 135), de un bastidor M, que afecta la figura de un rectángulo, en el cual se hayan substituído sus ángulos ó vértices por dos curvas en talón, lleva en sus extremos dos mangos D y D', el uno D, es fijo y forma cuerpo con el bastidor, mientras que el otro D', es móvil y puede girar alrededor de un eje F y F' llevando en un extremo un tornillo E, alojado en su tuerca hembra practicada en el propio bastidor.

En lo interno de éste, hay practicado un rectángulo hueco *abcd*, cual va provisto de un pequeño resalto en todo su contorno interno, cual permite el asiento de las placas ó cojinetes A, B, cuyos forman entre sí el taladro con el fileteado interior; la forma de cada cojinete, suelto, ó separado de su cepo está dibujado en la fig. 136.

Ahora bien, con el macho de la placa auxiliar C, colocada también dentro del bastidor M, y poniendo en movimiento á la manecilla D', ésta hará penetrar ó salir al tornillo E, y entonces en el primer caso, empujará al cojinete B, hasta que próximo al A, forme el hueco que se desee para el taladro; en el segundo caso, permite mover algún tanto el cojinete B, hasta que haga con el A, el taladro de mayor diámetro que se quiera.

Son varias las disposiciones de esta clase de terrajas, así por ejemplo puede emplearse, la que obedece al sistema *Hudsson*, en donde los brazos D, D' son fijos y formando

cuerpo con el bastidor (fig. 138), aquí los dos tornillos de presión T y T', son los que aproximan ó separan los cojinetes A, B; *m, n* son las dos placas que forman el cepo de los cojinetes, cuales se mueven en ellas por medio de pequeños resaltos, guías ó carriles.

Sin embargo de lo dicho, no es muy conveniente, como hacen algunos operarios, de adoptar cojinetes destinados á un diámetro, para construir tornillos de diámetro distinto (1), porque cuando esto sucede, el paso de la rosca se dobla, á causa de que estando los filetes de la terraja más inclinados, que lo que debe tenerlos el tornillo, la parte cortante de su filete, llega á la parte cortada por el otro, antes que la terraja haya dado una vuelta.

Para comprender semejante hecho, conviene fijarse, en que la terraja tiende á formar sobre el tornillo, trazos que tienen la misma inclinación, que los del cojinete, cuando la diferencia, entre el diámetro del tornillo que se hace y el hueco ó *madre* de los cojinetes, es poco considerable, las partes cortantes no encuentran los filetes inferiores, pero cuando es notable, los filetes superiores cortan á los inferiores, haciendo lo que se llama *doblar el paso.*

Por igual motivo, no conviene filetear tornillos de poco diámetro con cojinetes dispuestos para filetes de diámetro mayor.

Por lo dicho hasta aquí, ya se comprende que en esta terraja, los cojinetes son verdaderamente la parte activa, por lo cual debe cuidarse mucho, su buena construcción pues que de ella depende la exactitud del filete.

La terraja se hace de un trozo de acero de un calibre algo mayor ó más grueso que el que debe tener el cojinete y se bate bien en la fragua, siendo menos fácil que se rompa al templar, cuanto más forjado esté.

Se hace preciso advertir que los cojinetes están dispuestos por parejas numeradas, á propósito para filetear tornillos de diferentes diámetros; existen pues varios juegos pareados de

---

(1) Como quiera que, cada tornillo de un diámetro determinado, le corresponde, su par de cojinetes, de aquí, que el operario, ha de disponer en el taller, de muchos pares de cojinetes; y muchas veces, para obviar dicho inconveniente, se permiten la libertad, de adoptar un par de cojinetes, separados lo conveniente, en la terraja, para que aproximadamente den el diámetro apetecido.



cojinetes, de los cuales, se colocan en el bastidor los dos que obedezcan al diámetro del agujero que se quiera.

En cuanto á la terraja que hemos llamado *simple*, se debe también escoger para ella el acero de primera calidad y forjarle bastante, pero con golpes no muy fuertes, para no hacerle hojoso; cuando ya se ha obtenido la forma que se desea, se marcan los sitios de los agujeros por medio de un punzón y se procede al taladro, empleando para estas operaciones machos cónicos ó cilíndricos de que luego se hablará.

Cuando los agujeros están practicados, se forman con la lima filetes de salida; es difícil también templar una terraja de estas condiciones, por la propensión que tiene á torcerse, sobre todo si se ha construído con acero en plancha, el cual se alabea mucho más que el acero martillado; para moderar la acción del agua, se emplea caliente, ó se extiende un poco de aceite por su superficie; se introduce la terraja de canto y se la mueve colocada en esta dirección; otras veces se azota el agua con una de las caras de la terraja, se la retira, se la vuelve, y se la inmerge de golpe; la primera introducción la tuerza en un sentido, y la segunda en el inverso, compensándose ambos y quedando derecha. Se la recuece al color azul, cuando el acero es de primera calidad.

La terraja simple, tiene el inconveniente de no poderse afilar cuando está gastada ó embotada. En ella debe ponerse aceite, y tener cuidado de no filetear cilindros más gruesos que el diámetro más pequeño del fondo de los filetes.

Terrajas simples como compuestas, se construyen de muchas dimensiones, y ellas como fácilmente se colige, dependen del calibre de los tornillos que se desea. En pasando de 7 milímetros de diámetro se echa mano exclusivamente de la terraja compuesta ó de *cojinete.*

**184. Tuercas.**—Es sabido que todo tornillo, para que pueda tener su debida aplicación, necesita su *tuerca* y por lo tanto ésta es complementaria del primero; veamos pues la formación de semejante detalle, el cual se basa esencialmente en otros tornillos cilíndricos ó algo cónicos, construídos de acero templado, y por medio de la *terraja*; estos tornillos son los llamados *machos;* por cierto; clase de tornillos muy especial, pues han de ir en ellos practicados unas ranuras de desprendimiento, esto es, unos cortes longitudinales destinados á dar salida á las virutas, y á formar en los filetes, ángulos que corten al hierro, y según estas acanaladuras se prac-

tiquen, así habrá distinta variedad de machos. Los machos son de varias clases, unos lisos en simple superficie cónica ó cilíndrica, separada por acanaladuras, que son las ranuras de desprendimiento antes mentadas; son los representados en las figs. 139 y 140, y sirven para preparar el agujero del tornillo ó por mejor decir de la tuerca (estos machos son los llamados por los cerrajeros catalanes con el nombre de *Mandrins*); otros como en las figs. 142 y 143, llevan en su superficie los trazos cortantes que han de producir las hembras de rosca en los agujeros anteriormente preparados, llevando consigo lo propio que los anteriores, los surcos correspondientes para dar lugar al paso de las virutas férreas; de estos machos se emplean dos en cada operación, uno cónico, llamado directamente *macho*, y el otro cilíndrico llamado *pasador*, que rectifica la labor hecha por el primero.

Los machos se componen de tres partes: la *cabeza*, vástago por lo común cuadrado, que entra en el *desvolvedor* (figura 141), pieza de hierro que se maneja á dos manos (en catalán *maneta*), como la terraja; el *cuello*, parte torneada y lisa, que separa la cabeza del fileteado; y el *fileteado* parte activa del macho, en cuya fabricación debe ponerse gran cuidado.

Los machos cilíndricos, no se emplean generalmente, más que para terminar los agujeros, empezados con los machos cónicos; según ya más, antes se ha indicado; sin embargo, á veces suelen practicarse agujeros, por medio de una serie de machos cilíndricos, que tienen todos el mismo paso de rosca, pero diámetro diferente; para operar de este modo, se introduce en el agujero el macho más delgado, que se reemplaza luego por otro más grueso, y así sucesivamente, hasta llegar al diámetro que se desea, este procedimiento es penoso y exige varios machos, por lo que no se emplea sino cuando se trata de practicar roscas muy profundas, siendo sólo el primer filete del macho, el que ataca la materia, la resistencia es independiente de la profundidad del agujero.

Los machos cónicos se obtienen desde luego, preparando en forma cónica, la barra de acero que le ha de constituir después de aterrajado; el macho cónico tiene sus dientes inferiores en punta, y muerde con más facilidad que el cilíndrico. El diámetro inferior de los machos cónicos, es igual al del agujero que se aterraja, y el diámetro superior tiene la profundidad de los filetes de la tuerca; la diferencia de los filetes

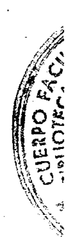


consecutivos, será tanto menor, cuanto mayor número de filetes lleve el taladro, y esta diferencia representa el grueso de las virutas que arranca el taladro, al morder en la tuerca.

La manera de obrar de los taladros cónicos, tiene una gran analogía con la terraja simple; la parte activa de los taladros cónicos, debe tener poca extensión sobre la circunferencia del agujero, debiendo dejar chaflanes ó ranuras en sentido del eje del taladro, según ya se ha indicado, para que por ellas se desprendan los productos ó virutas de la acción de los filetes; el taladro difiere de la terraja en que tiene la propiedad de poderse aguzar ó afilar, ya en la muela de agua, ya en la piedra de aceite, lo que permite prolongar su uso mucho tiempo.

Con objeto de terminar las tuercas, con un solo taladro y de una sola vez, se construyen taladros, que llevan su primera parte cónica para preparar, y luego siguen en forma cilíndrica, para terminar el agujero Generalmente las terrajas y taladros están clasificados por juegos, en los que se corresponden los machos, con los pares de cojinetes, de modo que cuando se trata de hacer un tornillo con su tuerca, se debe desde luego elegir los machos, del mismo número que los cojinetes.

El ángulo de los filetes suele ser de 60° que es el que más seguridad y mejor ajuste produce, según se ha observado. Una terraja en la que como de ordinario sucede, son los vacíos iguales á los macizos, produce tornillos cuyo filete es más débil que el hueco, pues es casi imposible que la rosca de aquélla tenga igual inclinación, y al moverse en el tornillo, las partes salientes del útil, desgastan ó arrancan el hierro del filete labrado por la primera rosca; de la misma manera, la terraja correspondiente á aquélla, dará tuercas con el hueco mayor que el macizo, y como en aquél se ajusta el filete del tornillo, claro está, que siempre habrá cierto juego, que facilitará el movimiento de las piezas. Esta es la causa, de que cuando trabaja con mucha frecuencia un tornillo, que no esté bien labrado, se destruyan él y su tuerca.



**185. Máquina para tornillos y tuercas.**—En los grandes talleres, y en las fábricas donde se construyen objetos de hierro para la venta al por mayor, se fabrican los tornillos y sus tuercas por medios mecánicos, y así se aterrajan los unos y las otras echando mano de varias y especiales máquinas, como por ejemplo, la de la fig. I" cuales permiten gran rapi-

dez en las operaciones, construyendo gran cantidad de piezas en tiempo relativamente corto.

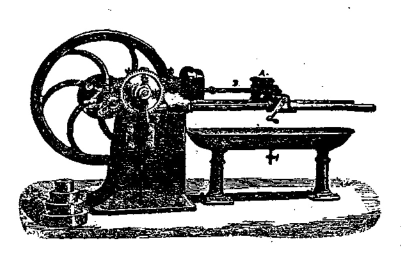


Figura I''

Si se trata de la construcción del macho ó tornillo, entonces, se coloca la terraja ó hilera en A, acompañada con los cojinetes del número correspondiente al del tornillo que se desee, el mecanismo es tal, que dicha hilera puede moverse por traslación ya avanzando ó atrasando en la dirección del eje del vástago del tornillo, mientras que dicho vástago, animado de movimiento rotatorio, se le sujeta ó empuja á ingresar en el hueco que forman los cojinetes de la hilera, y así va produciendo el tornillo.

Si es la tuerca la que se desea, en este caso, en el sitio que ocupaba la hilera, se coloca la pieza hueca en donde se ha de labrar el fileteado, mientras que la *taraja* B (esto es el macho que sirve para abrir la hembra en los tornillos), ocupará el sitio, que en la operación anterior ocupaba el vástago del tornillo.

La fig. I'' representa precisamente el acto, de la fabricación de una tuerca.

**186. Limas.**—Instrumentos de acero para producir desgastes en el hierro, obrando como á frotamiento. La *lima* se reduce simplemente, á una barra prismática, piramidal ó cónica, cuyas superficies están ocupadas, por entalladuras y asperezas, y según sea la sección recta de su cuerpo, y la índole de las escabrosidades del mismo, así también toma distintos nombres que corresponden por lo tanto á la diversidad de especies, á propósito cada una al trabajo á que vaya destinada.

Llámanse propiamente *limas*, cuando las asperezas y escabrosidades se reducen á un cruce de líneas, formando un estriado cortante y muy fino en la superficie; tomando el nombre de *escofinas*, cuando la parte activa, la forman unos pequeños cuerpos salientes, como en forma de dientes, semicónicos, en lugar de las líneas ó surcos de aquélla (1).

(1) En la lima las entalladuras, se practican por medio de cinceles rectilíneos mientras que en las *escofinas*, se obtienen echando mano de punzones triangulares.

En la primera agrupación, aparecen en la superficie, una serie de surcos y lomos constantes paralelos, y cuando estas entalladuras, son muy finas, entonces á la herramienta se llama *lima Muza*. En cuanto á la segunda agrupación, los surcos tienden hacia dos sentidos de igual inclinación, que es lo que constituye el grano de aquélla.



En general en las *limas*, el grano, ó dibujo producido por la labra, es igual hasta al medio de la lima, y se va afinando desde este punto al extremo ó punta de aquélla.

Las simples limas son más á propósito para limar el plomo y los cuerpos blandos, porque las entalladuras se llenan menos, de cuerpos extraños, mientras que las segundas son más á propósito, para los metales duros, la fundición, el acero, el hierro.

Los dientes, las dimensiones, las formas de las limas y la fuerza de su talla varían mucho, según los diversos usos á que se destinan, desde la lima grande alemana, hasta la lima dulce, cuya talla es á veces tan fina que apenas se percibe, y sólo se usa para afinar, las caras de las piezas limadas, éstas son también *limas muzas*.

**187. Limas fuertes ó carreletas bastardas.**—Estas son de talla muy gruesa y de surcos muy profundos, su sección transversal es generalmente un paralelogramo que va disminuyendo en dimensiones desde el centro de la lima hasta su punta. Deben ser muy pesadas, para que la acción de su masa, ayude á la impulsión del operario cuando lima. Ordinariamente se encuentran en el comercio formando paquetes guarnecidos de paja, y se designan también con el nombre de *una*, *dos*, *tres* en paquete, según su tamaño. Estas limas vienen en grandes remesas, de Alemania, en donde se fabrican, con el acero natural de las fundiciones espáticas del Rhin; en relación á la calidad, esta clase de limas, es inferior á las de acero fundido; pero tienen la ventaja de obtener mejor salida, vendiéndose con poca pérdida, después de usadas, para el acerado de las herramientas cortantes.

En cuanto á sus dimensiones se dividen en *grandes*, *medianas* y *pequeñas* y en cada una de estas dimensiones, pueden tener formas distintas, que dependen según anteriormente se tiene indicado de la figura de su sección recta.

Asi hay:

*Carreletas* (figs. 150 y 151).—Cuando su sección es rectangular, pueden ó no terminar en punta.

*Limatones* (fig. 156).—Cuando su sección es un cuadrado y presentan cuatro caras con entalladuras.

*Crucetas.*—Cuando la sección es romboidal.

*Triangulares* (fig. 157).—Cuando su sección es un triángulo equilátero (á propósito entre varias aplicaciones para producir los dientes de las sierras).

*Cuchillas.*—Cuando la sección es un triángulo isósceles de poca base y mucha altura.

*Circulares* (*llimas rodonas* en catalán).—Cuando la sección es un círculo, á su vez estas circulares se dividen: 1.º *Colas de rata* (fig. 152), si es cilíndrico el hierro de la lima. 2.º *Colas de ratón* (fig. 153) Si es cónico el hierro de la lima.

*Medias cañas* (fig. 154).—Si su sección forma parte de una circunferencia, cerrada por la cuerda del trozo del arco que se considera.

*Almendrillas.*—Cuando su sección termina por dos filos, formada por dos trozos de arcos circulares, y es más gruesa en el centro, afectando la forma de una espada (fig. 155). Los franceses le dan el nombre de *Feuille de Sauge.*

**188. El bruñidor.**—Lo es generalmente una lima vieja, á la que se le ha desgastado los dientes por medio de la piedra y se le ha pulimentado y templado de nuevo. Sirve como indica su nombre para bruñir los objetos.

Las mejores limas se obtienen empleando en su confección el acero fundido, procedente de la cementación de los mejores hierros de Suecia, y también de Rusia. Es necesario que el hierro empleado en las limas reuna á una gran dureza, bastante tenacidad, con objeto de que los dientes no se rompan; y debe ser perfectamente homogéneo, condición que satisface mejor el acero fundido que el cementado, el cual suele presentar en su textura, pajas con mucha frecuencia.

**189 Construcción de la lima.**—La lima cuando está terminada, afecta la forma de una hoja de cuchillo, terminando en su extremo en una espiga ó cola, que es la que se ingiere en un mango para tenerla en la mano; después de su labra, se procede al temple, en el que hay que tener en cuenta, tres condiciones:

1.ª Preparar la superficie de la lima de forma, qué se evite la oxidación por el contacto del aire, cuando está al rojo, lo cual destruiría los dientes.



2.º Que la calda sea de un rojo uniforme en todo el cuerpo de la lima, y el agua en que se temple, esté lo más fría posible, con objeto de obtener la mayor dureza.

3.º Que se sumerja la lima en el agua, de modo que no se tuerza; requisito bastante difícil de cumplir, cuando se trata de limas finas y largas.

La primera condición se logra, preparando una disolución de un kilogramo de sal por tres litros de agua, esta disolución se espesa luego con harina ó con heces de cerveza, hasta obtener en la mezcla una consistencia pastosa.

Se sumerge en seguida, la lima en esta parte, poniéndola luego á secar, y templándola cuando la capa está bien seca (1).

Para la segunda condición: se toma la lima por la cola, y por medio de unas tenazas; y se la pone en la fragua; cuando está caldeada uniformemente al rojo cereza; se introduce en el agua fría, en la que se suele poner un poco de ácido sulfúrico

Para la tercera condición: Se sumerge la lima (excepción hecha de las medias cañas), de modo bien vertical, ó de punta, y lo más lentamente posible, de modo que la cola no se temple ni se enfríe, esta precaución impide á la lima el torcerse y alabearse.

Las medias cañas deben sumergirse, con las mismas precauciones, pero al propio tiempo que se las tiene perpendiculares á la superficie del agua, debe hacércelas marchar horizontalmente en dirección de la superficie redondeada, sin lo cual se encorvarían.

Una vez están templadas las limas, se las frota con agua y polvo de Koch, hasta quedar bien limpias, pasándolas por dos ó tres aguas claras, con objeto de quitarles toda la sal, la cual favorecería la oxidación. Además se las sumerge en agua de cal; secándolas después al fuego, y mientras están calientes se las recubre de una capa de aceite de oliva, mezclado con trementina, formando luego los paquetes según las marcas.

(1) La harina y las heces de cerveza, no tienen otro objeto que dar consistencia á la masa, y permitir por este medio que se deposite sobre las caras de la lima mayor cantidad de sal, lográndose por este medio que dicha sal, al fundirse, forme una corteza que envuelve completamente la lima, impidiendo la oxidación.

**190.** Sierras.—Esta herramienta, la forma, una hoja de acero muy bien templada y fina, de dientes triangulares, por uno de los lados, y montada sobre una armadura de hierro, que la mantiene constantemente en tensión, para lo que lleva dos *bocas*, en sus extremos, á las que se sujeta la hoja por un tornillo; hacia un extremo lleva un mango para poderla sujetar con la mano.

Para aserrar ó cortar los metales, cuanto más delgada sea la hoja, así como finos los dientes, mayor será su efecto.

**191.** Armandeles.—Son las sierras que los cerrajeros emplean haciendo ó aprovechando para la hoja, los muelles de relojería bien templados y recocidos, á los que se sacan los dientes con una lima triangular.

Las sierras del cerrajero, en sus disposiciones, son idénticas á las descritas en nuestro tratado de *La Madera y su estereotomia*, correspondientes á las figs. 70 y 71 y párrafos 340 y 341, cuando se refiere á la sierra de mano y sierra de relojero, únicamente que al tratar de estos instrumentos para uso del cerrajero, se construyen los bastidores, todo de hierro.

**192** Escoplos y Gubias.—También se diferencian éstos útiles del cerrajero, de los que emplea el carpintero, por sus mangos, pues que los primeros lo tienen de hierro y los segundos de madera. Véase pues para ello *La Madera y su estereotomia*, párrafos 310 y 311, en donde se describen detalladamente.

**193** Tijeras.—Como quiera, precisa muchas veces cortar las láminas delgadas de hierro, y el Palastro, de aquí se emplean las tijeras para dicho fin.

Son las tijeras como unas tenazas, de boca recta (fig. 158 y 159) larga y afilada, y cuyas hojas al juntarse cortan con mucha limpieza la lámina por ellas aprisionada.

Sin embargo, aunque se ha dicho de boca larga, las hojas de corte ó fauces son cortas con relación á las piernas, por medio de las cuales se maneja el instrumento; estas piernas son más ó menos largas y robustas según la fuerza que hayan de desarrollar; encontrándose ambas enlazadas y formando cuerpo, con el auxilio de un perno, alrededor del cual pueden efectuar el giro; pueden hacerse, y las hay, rectas, pero siempre es mucho más cómodo, darles una ligera curvatura, cuya concavidad, caiga al interior, afectando algo mayor curvatura la pierna superior; en razón de que cuando ambas



piernas, se hallan muy próximas, al querer cerrar el instrumento, y cortar la lámina de que se trate, permita esta en su mayor concavidad un espacio suficiente, para la introducción de los dedos del operario, el cual ya no corre el riesgo de malograrse la mano, al cerrar las tijeras.

La lámina que se corte, conviene disponerla de modo que se halle lo más próxima al perno, ó cruce de las piernas, pues es el sitio, en donde el instrumento desarrolla mayor potencia. Mas ocurre alguna vez, que siendo quizá, demasiado gruesa la lámina que se quiere cortar, hay necesidad de abrir, de un ángulo considerable las tijeras, y entonces, el corte filo de estas, no apoyando lo suficiente, sobre la superficie de la lámina, hay el riesgo de que el instrumento se corra ó resbale, sin llegar á cortar.

Uno de los mangos ó piernas (ó los dos si se quiere), lleva un gancho, en el que se colocan los dedos inferiores de la mano derecha, cogiendo el otro mango con las articulaciones del pulgar; se apoya la tijera de corte sobre el mostrador, y oprimiendo con fuerza para juntar los brazos, se corta la lámina que entre ellas se haya colocado. Las tijeras son de acero, muy afiladas, con el corte en arista viva, de ángulo recto ó un poco oblicuo.

De todo lo dicho se infiere, que el éxito que se obtiene del uso de las tijeras depende de varias circunstancias. 1.ª Del ángulo que en el momento del corte formen las piernas de las tijeras. 2.ª Del espesor de las láminas que hay que cortar. 3.ª De lo mejor ó peor afilados que estén los filos de las piernas. 4.ª De la distancia que separa la lámina de hierro de la charnela ó perno de las tijeras: y 5.ª Del brazo de palanca con respecto al punto de aplicación.

Sea como fuera, siempre resulta, que con semejantes tijeras, el corte nunca puede ser continuo, pues teniendo de efectuarlo imprimiendo varios trazos ó golpes de tijeras, unos en pos de otros, avanzando el rasgo de corte, éste no resulta ser dable que aparezca igual y homogéneo en una verdadera línea recta; para obviar este inconveniente, varios autores, entre ellos Mr. Molard ideó las tijeras circulares, compuestas de dos discos armados de cuchillas circulares, de fuerte acero, y que giran en sentido opuesto una de otra.

**194.** Cizallas.—Se emplean cuando las tijeras no son suficientes por el exceso de grueso de las planchas que hay

que cortar (1). Las cizallas pues son una modificación de las anteriores tijeras, aquí una de las hojas ó fauces de las tijeras está fija al banco del taller, y la otra tiene mucha longitud y se mueve á mano, levantándola. Las hojas, están reunidas por una clavija, con un tornillo de orejas para poder apretarlas más ó menos. Es pues la cizalla de mucha más fuerza que las tijeras, éstas obran como palanca de primera especie mientras que las cizallas, constituyen la palanca de segunda especie, encontrándose según ello, la resistencia entre el punto de apoyo y la potencia. El brazo ó pierna movible que forma palanca, puede alcanzar una longitud de 1 á 2 metros.

Este género de cizallas, llevan también el nombre de guillotinas: las figs. 160 y 161 nos muestran dos tipos de este género: la primera permite cortar láminas de 5 milímetros de grueso, y la segunda, hasta de 12 milímetros escogido convenientemente el brazo de palanca, para que sobre él puedan actuar varios obreros. De todos modos precisa, que la lámina que se quiera cortar, esté lo más próxima posible del punto de articulación.

La guillotina según esto, está reducida á una cuchilla, fija de canto, á una tabla con el corte hacia arriba; otra cuchilla unida á charnela con la anterior por medio de una clavija, y un tornillo de orejas, y bastante larga, con un mango al otro extremo y cargada por la parte inferior con algún peso.

195. **Cárcel ó apretador.**—Obedece este útil á la necesidad de tener que coger y sujetar las piezas de hierro durante su trabajo. La cárcel pues se reduce (fig. 162) á un vástago de hierro *a*, en cuyo extremo y á escuadra, lleva otro soldado en forma de letra S; otra S, igual pero invertida *b*, entra por un anillo que lleva en el vástago *a*, formándose así dos mandíbulas entre las que se cogen, dos objetos que deben estar unidos durante el trabajo, á cuyo efecto la pieza móvil se aprieta á golpes de martillo.

196. **El Perro** (fig. 163).—También obedece, al mismo objeto que el anterior instrumento. Lo constituye un vástago de hierro *a*, en cuyo medio lleva articulada otro doblado en

(1) Las tijeras de la fig. 158 tienen una longitud de 0'25 á 0'30, y cortan todo lo más láminas de un grueso de 3/4 de milímetro. Las de la figura 159, tienen una longitud de 0'40 á 1 metro, y permite cortar láminas de un milímetro de grueso, sin embargo en este caso, conviene que una de las piernas esté fija en el banco.



escuadra, su empleo principal, es sostener los objetos colgados para determinados trabajos, y adicionándole un anillo que apriete las dos barras, sustituye perfectamente á la *cárcel*.

197. **Fijador.**—Este instrumento (fig. 172), es una variedad de la cárcel ó apretador; diferenciándose solamente en que en el caso del fijador, se comprimen ciertas hojas de palastro excesivamente delgadas, las cuales se han cortado en su contorno, á guisa de plantillas ó patrones, los cuales, precisa colocarlos, sobre las hojas ó planchas donde hay que trabajar, con el fin de señalar su contorno, y dibujar en ellas la configuración de dichos patrones; mas como quiera que para dicha operación, se hace indispensable la perfecta inamovibilidad de la plantilla, pues de nó, el dibujo quedaría alterado; de aquí que se recurra á los fijadores de la fig. 172, colocando la plancha y su patrón superpuestos, entre el brazo *a*, y el tornillo *b* el cual baja hasta apretar la parte *a* el canto del tablero en donde aquellas se extienden; mientras que el tornillo *b* presiona fuertemente por la parte superior á las láminas antedichas. Es claro ahora que de este pequeño útil, se pueden usar á la vez tantos como sean necesarios.

198. **Llaves-destornilladores.**—Llámanse así los utensilios de cerrajero que sirven para apretar ó aflojar los tornillos á sus tuercas. En general son vástagos de acero como las figs. 164, 165, 166, 167, que terminan en sus dos extremos en dos entalladuras de diferente abertura, entre las que se sujeta la cabeza del tornillo, haciéndola girar en diferentes sentidos, obrando sobre el otro extremo como palanca. Las figuras mencionadas, son llaves á propósito para tornillos y tuercas poligonales ó curvas; según se quiera la barra ó vástago, puede ser recta ó acodada en forma de S, en cuyos extremos lleva labrada en hueco la forma de la cabeza del tornillo, á la que coge y arrastra en su giro. Esta clase de llaves, tienen no más el inconveniente, de no poder emplearse sino para el tornillo por el cual se ha construído exprofeso.

Para obviar á tamaño inconveniente se construyó la *Llave inglesa* (fig. 168). Se compone de dos quijadas *a*, *b*, la primera móvil, la segunda fija y formando un cuerpo bastidor con dos llantas *d*, *d'*, que la encuentran en ángulo recto y con la cual están soldadas; cerrando hacia abajo, tamaño bastidor por un anillo *e*. Como se ve por la figura, las quijadas son iguales é inversamente colocadas; ahora en semejante dispo-

sición, la quijada *a*, está enlazada con un vástago *c*, que atraviesa la *b*, y entre el hueco del bastidor, pudiendo tener un movimiento de ascenso ó descenso según convenga, en virtud de un tornillo colocado en la parte inferior del vástago, y que juega dentro de una tuerca labrada en el mango *f*: ahora dicho mango puede girar fácilmente, en el anillo de la quijada fija, sin deslizar por oponérsele el collar *e*; ahora se comprende que al hacer girar el mango de izquierda á derecha, se atornillará en la quijada móvil, haciendo bajar el vástago *c*, hasta que las dos quijadas *a* y *b*, están separadas, lo que necesiten para hacer presa del objeto que fuertemente han de apretar; es claro ahora, que el giro inverso aflojará la llave separando los talones *a* y *b*.

La llave inglesa, se emplea para aprisionar cabezas de tornillo de forma poligonal cualquiera, y aun: cuando no se disponga de ningún otro aparato; para cabeza; ú objetos curvilíneos; por más que en éstos no convenga, porque ó los oprime poco y no produce efecto, ó deja en ellos la impresión de la llave señalada por dos pequeñas macetas ó planas. Para solventar pues semejante dificultad, se recurre á la ***llave americana,*** cuya á pesar de todo, se funda en el mismo principio de la llave inglesa.

En la llave americana (fig. 169), la quijada superior I, y su talón es curvo, cóncavo hacia la parte superior ó al mango; esta quijada forma cuerpo con el vástago A, el cual lleva un trozo fileteado sobre el que corre una tuerca B, que empuja una corredera C, y que entra á frotamiento suave sobre el cuerpo A, y ensambla con la tuerca, por medio de un collar que las reúne sin impedirlas girar. Otra quijada D, pero ésta sin talón va ensamblada con C, por medio del perno H. El conjunto lleva un mango F, que sirve de palanca.

Para el funcionamiento de esta llave, basta para separar más ó menos las quijadas I, D, hacer girar la tuerca B, hasta que quepa entre ella el objeto, que se sujeta, y apretando entonces la tuerca quedará perfectamente sujeto para lo que además lleva la quijada D, una picadura de lima,

Cuando la cabeza del tornillo, se encuentra completamente embutida no sería dable emplear, los instrumentos ó llaves anteriormente descritas, y entonces hay que acudir á los *destornilladores ó desarmadores* (fig. 176); éstos son vástagos ó barras bien templadas y afiladas en corte por la punta, y encajado por el otro extremo, en forma de espiga, en un mango de madera, que lleva en la unión con el útil una anilla de bronce, para impedir que aquel se abra con el esfuerzo, ensayando en la muesca *a* para que aquel no dé vueltas inútilmente. Otras veces los tornillos de cabeza embutidos suelen tener éstas dos pequeñas muescas ó agujeros en los extremos de su diámetro, y entonces el corte de destornillador, está substituído por dos púas que entran en aquéllos (fig. 177), obligando á seguir al tornillo el movimiento del destornillador. De no existir estos dos agujeros en la cabeza embutida del tornillo, precisa que dichas cabezas lleven una ranura, en el sentido del diámetro; disposición que también se usa, cuando se trata de cabezas llamadas de *gota de sebo.*



En esta ranura, es en donde se introduce el bisel ó filo *b* del destornillador, el cual, se colocará en dirección perpendicular, á dicha cabeza, y así en dicha disposición, se le obligará á girar, arrastrando en su movimiento discontinuo, al tornillo y su cabeza, la cual irá separándose de su aloje.

Cuando los tornillos son de cabeza cilíndrica ó esférica, va taladrada ésta con uno ó dos diámetros, y se emplean para mover aquéllas, los ***desarmadores,*** reducidos á un clavo de acero, cónico, de punta bastante aguda, que entra en los agujeros del tornillo, por el lado opuesto suelen terminar su barra de destornillador muy afilada, y sirve para introducirla entre las puntas de las piezas, que sin esto serían difíciles de separar.

Suelen hacerse también destornilladores, aprovechando limas viejas que se afilan en punta para darles forma debida.

**199. Calibrador** (fig. 170).—Sirve para medir los gruesos de los hierros, se llama también *compás de piernas paralelas,* consiste en dos piezas A y B, de las que la A, está unida á una regla dividida C, que entra á frotamiento suave en la B, que sirve de boquilla una caja D; se comprende fácilmente ahora, que para medir un grueso, sólo habrá que introducir el cuerpo que se ha de medir, entre las quijadas A y B, y ajustándolas bien, al objeto, la regla C indicará entonces, el número de divisiones ó partes á que equivale dicho grueso; este instrumento es el que llaman *peu de rey,* los cerrajeros catalanes.

*Calibrador Palmer* (fig. 173).—Este instrumento, que lleva el nombre de su autor, es más preciso que el precedente; con él pueden apreciarse hasta centésimas de milímetro. La cabeza *g*, del instrumento gira, y con ello baja ó sube el

pequeño tornillo *c*; *e* es una punta ó pie, en donde se coloca la pieza cuyo grueso se desea, mientras que al bajar el tornillo, la aprieta por la parte superior, entonces la distancia que existirá de *e* hasta *d*, será el grueso de la pieza, cuya lectura se podrá leer en milímetros desde *f*, hasta *ab*, puesto que á partir de *ab*, el vástago *f*, lleva grabados unos cuantos milímetros, cuales van descubriéndose á medida que *g* sube, ó el tornillo va elevándose para dar paso al grueso de la pieza; finalmente á partir de *ab* y sobre la superficie de *g*, hay también grabado un nonio, por medio de rayas verticales, el cual combinado, con la graduación de los milímetros, antes indicada permitirá apreciar, hasta centésimas de milímetro.

200. Encorvadora.—Es el aparato, empleado para que las barras de hierro adquieran las curvaturas que se desee; es muy usado en las barras curvilíneas, destinadas á los rails ó rieles de ferrocarril.

Este aparato, por otra parte es por demás sencillo; compónese (lám. 30, fig. *d*), de un bastidor en forma de U invertida, sus ramas verticales A, A', están algo encorvadas hacia su parte media en B, B', al mismo tiempo que en sus extremos C, C', en donde terminan en forma de gancho cuyo permite asentar en ellos en C, C' (que son asientos horizontales), la barra de hierro que se trata de encorvar.

Próximamente, á la mitad de la altura de las ramas A, A' hay dispuestas dos piezas horizontales D, D', las cuales encepan á dichas dos ramas A, A'; á la par que permiten el paso en su mitad, á una rosca ó tornillo E, que está invariablemente unido, formando un mismo cuerpo con su vástago percusor G; á dicho tornillo acompaña una tuerca F, revestida de cabeza exagonal.

Se maniobra este aparato, con el auxilio de una llave H (figura *e*) con la cual se coge aprisionando la cabeza F, haciéndola girar, de modo que en el giro, haga bajar al vástago percusor G, el cual percutiendo á la barra, asentada en C, C' y esto con varias percusiones sucesivas, se llega á obtener la barra mentada, con la curvatura que se desea.

Se comprende que esta operación, se ha de repetir gran número de veces, lo que precisa en ellas hacer correr la barra de modo que vaya pasando ó resbalando longitudinalmente por C y C', hasta haber adquirido toda ella la curvatura apetecida. Esta operación se hace en frío.

Además de todos los útiles pasados en revista, podríamos



ahora citar como á complemento otros que aunque de menor importancia, por lo elementales de su empleo, no dejan de tenerla y mucha, bajo el punto de vista de ser base de las demás operaciones subsiguientes, estos instrumentos son por ejemplo, toda clase de compases ordinarios de puntas movibles, puntas fijas, de cuadrante, para medir huecos, para trazar curvas elípticas, reglas, toda clase de escuadras cartabones..., etc., etc., todos elementos sobradamente conocidos y por otra parte explicados con la detención posible, en nuestro tratado de *La Madera y su Estereotomía*.



# CAPÍTULO CUARTO

## Breve descripción de las operaciones que se practican con el hierro en los talleres

201. **División del trabajo.**—Con los útiles descritos, en el capítulo anterior, es como el herrero ó cerrajero, puede llevar á cabo todas las operaciones necesarias para el debido trabajo del hierro, siendo ellas de distinta índole unas de otras y casi todas de suma dificultad, necesitando, operarios sumamente prácticos, idóneos y de un sumo conocimiento de las propiedades y esencia del material férreo, para que el resultado de la labor que produzcan, cumpla con las condiciones exigidas, de solidez y buena factura, sea cualquiera la índole del trabajo, en las variantes de que es susceptible. Este trabajo podemos para el mejor orden, dividirlo en tres agrupaciones, esto es: según se hagan en la fragua, en el yunque y en el tornillo ó banco.

202. **Trabajo en la fragua.**—El hierro, se somete al fuego de la fragua para que la pieza adquiera un estado tal de blandura, á fin de que pueda fácilmente ceder, á los golpes y movimientos á que se le sujete, para lograr la forma que el herrero desee comunicarle. Esta operación es en extremo delicada y no resulta tan fácil como á primera vista parece, pues el operario ha de tener un tino especial, para detener la operación, en la calda que alcance el justo límite de reblandecimiento del metal, y cuyo grado de reblandecimiento depende según sean las dimensiones del hierro y objeto á que se la destina, por las operaciones posteriores sobre el yunque porque luego ha de pasar.

En efecto, el hierro como todos los metales, cuando se le



sujeta á la acción del calor, éste empieza á transmitirse por la superficie del cuerpo cuya está en directo contacto con el fuego, propagándose luego con más ó menos energía hacia en su interior, según sea el grado de conductibilidad de dicho cuerpo y el grado de temperatura del foco calorífico.

Ahora bien, según ello claro es que si el cuerpo es fusible, empezará á adquirir un cierto estado de reblandecimiento, hacia la parte que primero se calentó, y á medida que va aumentando la temperatura; aquel reblandecimiento se acentúa más y más hasta convertirse en masa pastosa y muy luego la fusión la convertirá en líquida. De otra parte, al llegar el foco calorífero, á comunicar al cuerpo, una cierta temperatura (la cual varía según el cuerpo de que se trata), éste arde haciéndose luminoso, y en este estado, su superficie alcanza un cierto grado de calor, excesivamente mayor que el que disfruta su parte interna; aquí hay pues un desequilibrio notable en las temperaturas de la pieza, consideradas en los distintos sitios ó regiones internas de su masa; cuando este desequilibrio es tal y se hace sensible, de modo que encontrándose el hierro reblandecido en su superficie, la temperatura no ha alcanzado lo suficiente hacia lo interior del cuerpo, para que aquella propiedad física se insinúe, entonces la operación se habrá malogrado, y no será ya susceptible trabajar al hierro en la ulterior faena del yunque, bajo pena de romperse ó inutilizarlo. Así por ejemplo, si la pieza, expuesta al fuego de la fragua, llega el momento de enrojecerse, y no se la retira, persistiendo en el hogar y cundiendo más allá los efectos de la combustión, entonces el hierro se *quemará*, y perderá ya sus buenas cualidades. Una de tantas condiciones con que hay que atender para evitar semejante contratiempo, es el procurar que el fuego sea proporcionado á la masa de la pieza que á él esté sometido, y esto constantemente mientras dure la operación; por eso en las piezas de relativo grueso y de gran tamaño, son muy dificultosas de caldear, corriéndose el riesgo de *quemarse*; y en efecto, si el fuego es muy intenso desde su principio, la superficie que es la que recibe el primer embate, se calienta de un modo muy rápido, enrojeciéndose antes de que el calor haya penetrado, al interno de la masa, y si se aguarda más tiempo, hasta que este fenómeno tenga lugar, entonces se tiene la contra que el hierro de la superficie se habrá *pasado*, quedando por lo tanto inutilizada la pieza.

Este riesgo se correrá, casi siempre que se trate de caldear un trozo largo de hierro de una sola vez.

Siguiendo pues el hierro una gradación regular de reblandecimiento, desde su dureza en frío, hasta su fusión á elevadas temperaturas, se tiene que entre estos dos límites, el tino del operario ha de consistir, en escoger el momento preciso de poner al hierro en un estado de blandura conveniente que afecte la más *posible*, homogeneidad desde la superficie hasta su interno, y así para que, después, no se hienda al golpe del martillo; ya de antemano se habrá preparado la pieza, penetrando en toda ella un calor bastante igual, sin que aquél sea exagerado hasta llegar al extremo de quemarla.

Según esto, y por regla general, es necesario empezar la calda, calentando poco á poco el hierro, y no avivarla, hasta que se juzgue que el calor ha penetrado en la masa del hierro, operación en la cual son grandes auxiliares los fuelles y máquinas soplantes, que tiene á su disposición y hace manejar el operario más ó menos lentamente, según las circunstancias y estado de la operación por él conducida. A este efecto, sortea y combina según el estado del trabajo, el viento conducido por las toberas, que regularmente en cada fragua desembocan dos de ellas, de distinto diámetro, y así según convenga arrecia la impulsión ó la vá debilitando; con ello, el viento lanzado por estos conductos, acomete al carbón, lo atraviesa, reflejándose luego sobre la bóveda inflamada, formada por dicho combustible, proyectándose finalmente sobre el hierro, que apenas sufre oscilación, cuando están dispuestos semejantes detalles en esta forma.

Hé aquí porque se ha de tener buen cuidado, en colocar la pieza de hierro que se caldea, encima de la corriente de aire que sale de la tobera, y hacer que no esté muy separado; pues que si se encuentra carbón, entre la boca de salida del aire y la pieza, será lanzado por el viento sobre la pieza, quemándola en este sitio cuando el resto aun no estuviese suficientemente caldeado.

Tiende á llevar á buen camino este caldeo, mojando con cierto tacto y conocimiento, al carbón, de modo que se aglutine y forme una bóveda sobre el hierro, lo cual hace que el calor irradíe como en un horno. El *rociador* de la fig. 174, ó si se quiere el simple escobón, sirven para remojar y regularizar la marcha de la combustión. Ahora se comprenderá, como el herrero, ha de atender, á una serie de combinaciones



y cuidados dentro de su trabajo de fragua, no siendo la habilidad menos insignificante, el saber proporcionar la cantidad de carbón y la fuerza del viento que conviene, precisamente al tamaño del hierro que está caldeando. También precisa que tenga en cuenta que el diámetro de la tobera sea proporcionado á la cantidad de fuego que se desea.

Teniendo pues necesidad según lo dicho anteriormente, que el calor debe penetrar, hasta lo más íntimo del interior del hierro, sin que aquél sea tal que llegue al extremo de *quemarle*, cuyo riesgo se corre al querer caldear un trozo largo de hierro de una sola vez, y entonces precisa mucho cuidado en la operación, pues el fuego no puede obrar á la vez sobre toda la pieza, habiéndose observado que el viento de una tobera de grueso calibre que no exceda de tres centímetros de diámetro, coge una superficie de caldeo sobre la pieza que se trabaja, que no excede de $0^{m}$'10 á 0'$^{m}$15 de largo; resultando según ello, que al querer caldear una pieza de mayor extensión, se ve obligado el operario, á correr ó pasear dicha pieza delante de la tobera, exponiéndose también con ello, en otro extremo cual es el de no tener una calda igual, de no ser muy expedito en semejante operación.

De estos hechos se inferirá, que no todos los hierros han de ser caldeados del mismo modo, así los pequeños, pueden sin inconveniente llevarse á fuego vivo, porque ellos son penetrados en seguida por el calor, y teniendo cuidado de retirarle, no tiene tiempo de quemarse; mas otro hierro largo grueso, no podría forjarse bien, si se le sometiera desde luego á un fuego muy intenso, pues hemos visto ya, que resultaría quemado en su superficie, antes que el calor hubiera alcanzado en todo lo interno de la masa, y en este caso se hace preciso según ya se ha indicado, calentar al hierro poco á poco, dando tiempo á que el calor vaya penetrando gradualmente, avivando algún tanto la intensidad, cuando este último requisito se ha satisfecho, y siempre durante la operación, mover constantemente la pieza, haciéndola pasar en todos sus puntos delante de la tobera, yendo empero con gran cautela, para no producir un calentamiento desigual, ni por otra parte *quemar*, al hierro en ninguno de sus puntos. Semejantes operaciones, es lo que se llama *caldear*; y *caldeo* es el calentamiento de la pieza, y finalmente, es la *calda*, al fuego violento que se produce en la fragua sobre la pieza que se caldea; y si se quiere también, es la operación en que se produce

la incandescencia del hierro para facilitar su forja, estiramiento en cilindros ú otros objetos análogos (1).

*Calda sudante.*—Es el grado de temperatura que debe darse al hierro forjado para unirlo ó soldarlo; se conoce que se llega á él, cuando aparece la pieza de hierro, como cubierta de gotas líquidas (2).

Para seguir sucesivamente, los distintos estados de temperatura que va adquiriendo la pieza de hierro, y detenerse en aquella que más convenga según sea la clase de trabajo que el herrero ha de efectuar, conviene que éste tenga perfectamente conocimiento y juzgar de la calda requerida; pues bien esta calda se anuncia por el color de la llama y por las chispas.

El color de una calda, depende según ello, del número de grados á que se eleva la temperatura, variando aquél desde el rojo obscuro, hasta el blanco muy vivo, á partir del cual por poco aumento que experimente la temperatura, se pasa á la calda sudante.

Hay que considerar en los trabajos de forja del hierro, cuatro caldas muy notables, en las que se distinguen perfectamente sus varios colores, son:

1.° *Rojo obscuro.*
2.° *Rojo cereza.*
3.° *Rojo blanco.*
4.° *Calda sudante.*

La calda al rojo obscuro y al rojo cereza, se conocen á simple vista, haciéndose visibles á la luz del día, por el mismo tono de color que adquiere el hierro; la primera corresponde á la temperatura más baja, y á la que empieza á enrojecerse el hierro, corresponde ésta á unos 380 centígrados, equivalente á 0° del pirómetro de Wegvood.

En la calda rojo blanca ó blanca, la llama aparece blanca sembrada ó matizada de chispas brillantes; mientras que en la calda sudante, parece dejar escapar gotas de metal, y éste aparece como impregnado de una capa líquida de sudor: *El metal llora*; se calcula que esta elevada temperatura, llega

---

(1) Cuando el operario ha obtenido al fuego, la *calda* que desea, entonces se ocupa en forjar su pieza... etc.—*Manual de Cerrajería*, tomo II, pág. 47. M. Sarmiento.

(2) .. entonces calienta las dos, dándoles una *calda sudante* y se ponen la una sobre la otra, en el yunque, y se forjan juntas...—*Manual de Cerrajería*, t. II, pág. 49. M. Sarmiento.


á acusar los 95° á 100° pirométricos, cuya equivalencia en grados centígrados, es sumamente difícil apreciar exactamente; por la dificultad, de encontrar el preciso momento del tipo de la calda, así como de la indeterminación que ofrece al comparar los grados en los dos sistemas.

Si es hierro agrio el que se caldea, conviene, cuando está próximo á la calda, descubrirle con precaución, y arrojar sobre él arena seca; después se atiza de nuevo y se acaba la calda, que es necesario cuidar de interrumpir lo menos posible.

Al retirarse el hierro de la fragua, hay que tener cuidado de que no toque al cisco y escoria que hay en el hogar; así debe sacarse rápidamente; mas como siempre, por lo regular lleva adherida alguna parte de carbón, escoria ó óxido, se le golpea por precaución contra el costado de la bigornia, antes de colocarlo sobre la mesa, con objeto de que se desprendan estos cuerpos extraños, que de nó, podrían ser incorporados al hierro con el machaqueo.

Téngase también en cuenta, que los fenómenos que se suceden al sacar el hierro de la fragua, se reproducen pero inversamente del orden á que tuvieron lugar, al colocarle en ella; así es que el líquido empieza hacerse pastoso hasta que se colidifica, la luz producida por el fuego pasa, pero en sentido opuesto, por todos los colores que tomó al sentir aquél, bajando desde el más fuerte, al más débil; se contrae la materia y empieza el enfriamiento por la superficie, conservándose el calor interiormente por mucho más tiempo, y por último la masa adquiere su dureza primitiva.

Si es acero el material que se caldea, es preciso tener en cuenta que es tanto más difícil de forjar, cuanto más duro y carbonado sea y es necesario dar caldas diferentes, según su grado de dureza. El acero blando puede caldearse al rojo blanco. El medianamente duro, al rojo rosa. El más duro al rojo cereza. Y el extremadamente duro al rojo obscuro.

203. **Trabajo en el yunque.**—Una vez caldeado el hierro, con la calda que el cerrajero ha tenido por conveniente, según el trabajo que con la pieza se ha de operar; viene inmediatamente el trabajo de forja, sobre el yunque, y esto es lo que se llama forjar el hierro, ó lo que es lo mismo, darle así en caliente la primera forma con el martillo. Así pues en este estado, quita el herrero el hierro de la fragua, cogiéndolo con la mano izquierda, y haciéndolo descansar en su parte

caliente sobre la plaza del yunque, mientras que armado el trabajador, con un martillo ó maza que sostiene con la mano derecha, la descarga sobre la superficie caldeada, golpeándola alternativamente, y con ello aprovechar lo maleable del material en semejante circunstancia, que cual si fuese blanda cera; permitirá, por medio de un certero golpeo, y de la práctica y buen tino adquirido por el herrero; ser estirado, torcido, doblegado... etc., en una palabra tomar la curvatura y formas más variadas y que dicho herrero crea necesarias Se comprende ahora, que tanto las dimensiones de la maza con que se opera, así como la intensidad del golpeo, ha de depender de las dimensiones de la pieza que se forja, y además de la índole especial del trabajo que se tenga á mano; pero sí, precisa, para que el forjado reúna las mejores condiciones de homogeneidad, que dicho golpeo tenga lugar en toda la superficie de la pieza, cuando menos en el primer período del trabajo, á fin de hacer toda la materia más compacta, al aproximar las moléculas de la pieza por medio de una entendida percusión; á este fin lo que hace el cerrajero, es dar vueltas á la pieza, que descansará siempre sobre el yunque, y así á medida que vayan apareciendo, sus distintas partes, así sobre ella irá golpeando. De todos modos, se empieza á golpear al hierro enrojecido; de una manera pausada y suave, para que así se desprendan las batiduras ó escamas de óxido de hierro, aumentando luego la fuerza, cuando ya se hayan desprendido, y concretando entonces tan sólo el golpeo en los sitios en donde haya de experimentar la pieza algún cambio de forma, ó movimiento inusitado de sus moléculas; de haber obrado de otro modo, esto es; de haber golpeado con fuerza desde el principio de la operación, se corría inminente riesgo de deformar demasiado la pieza, al mismo tiempo, que las escorias y substancias extrañas se hubieran incrustado, en lugar de desprenderse cual conviene.

El trabajo de forjado ya se comprende pues, que se hace en caliente, pero ahora añadiremos, que ha de mediar en él, gran rapidez en las operaciones, pues si la prontitud no se tuviera en cuenta, la pieza se enfriaría, obligando á una segunda y quizá tercera calda y aun otras, y precisamente, aquí, el aumento en el número de caldas, irroga grandes perjuicios por la merma que resulta del material, pues con ellas se forma mayor cantidad de óxido ferroso y férrico, desprendiéndose después en escorias; con ello, el hierro se *impurifica* y *quema* y por lo tanto adquiere malas cualidades; amén de que, con ello, la economía no sale mejor librada, por la pérdida, del tiempo, y combustible. Según ello, es preciso tener muy en cuenta, que cuanto menor es el número de caldas que el herrero emplee para el trabajo de forja, más inteligencia demostrará en su oficio, siendo más útiles sus servicios en el taller.



Reasumiendo pues lo dicho hasta aquí, se infiere, que cuando el herrero haya alcanzado dar al hierro el suficiente reblandecimiento, por haber llegado al punto de calda que se desea, se sacará velozmente, con el auxilio de tenazas, ya por uno ó más obreros según sea el peso de la pieza, cuidando no toque á las brasas, escorias, ni cenizas, golpeándolo ligeramente en uno de los costados del yunque, á fin de que fácilmente se desprendan las escorias ó substancias extrañas que quizá le estén adheridas, colocándole luego en el yunque para empezar el batido, con las prescripciones más antes indicadas.

Ya una vez fría la pieza, se quitan las desigualdades con golpes acompasados y ligeros, nada de golpes fuertes ni violentos, pues en este estado malograrían al material, pues el hierro cambiaría en su textura y se convertiría en agrio y quebradizo.

El trabajo de batido, que hasta ahora queda reseñado, se refiere á hierros pequeños ó de tamaño á proposito, para que un solo operario pueda realizar la operación, por ello se conoce ésta con el nombre de batido á *una sola mano;* mas, fácilmente se comprende, que aumentando las dimensiones de la pieza, sería insuficiente un solo operario, para realizar tamaña faena, y entonces son dos ó más los trabajadores que han de macerar la pieza, por lo que puede por ello, haber batido á *dos ó más manos*. Por lo regular cuando la pieza es de relativo gran tamaño, y la importancia del trabajo lo requiere, dirige la operación el oficial mayor ó *maestro de taller*; el cual lleva en la mano derecha un martillo de *marcar* ó mejor decir *señalar*, los puntos de la pieza en donde hay que batir (este martillo pesa unos 2 kilogramos), mientras que con la mano izquierda, mueve la pieza, para presentar las superficies en donde se debe trabajar. Señala pues en la pieza, y con el auxilio de un martillo, los puntos precisos en donde se ha de batir, así como la dirección y fuerza del golpe, y acto continuo, el *obrero sirviente*, que estará preparado, descarga su martillo sobre dicho punto, levantándolo para más

efecto hasta la altura de su cabeza, y cogido entre sus manos, dejándolo luego caer, sobre el sitio señalado, á cuyo efecto, ya habrá retirado el maestro su martillo, ó cuando nó, caerá el mazo sobre la boca del martillo señalador; esto último será en el caso especial, que el sitio del batido sea insuficiente para el paso en su caída del *macho*, ó maza del *majador*.

La fuerza del golpe, se mide en virtud de lo dicho por la que ya indica el maestro; éste vuelve, pasea y mueve la pieza sobre el yunque, y cuando quiere observar de cerca la marcha del trabajo, dá sobre la mesa del yunque un golpe de martillo, que con su sonido argentino, sirve de advertencia á los oficiales, que cesen de golpear, hasta que el maestro vuelva á empezar.

Los golpes son alternativos y en un orden determinado, colocándose el maestro frente al yunque y de costado á la fragua, y los oficiales á su alrededor, dividiendo el espacio en intervalos iguales. Como quiera que el maestro solo, no puede volver la pieza, cuando ésta sea muy pesada, viene ayudado en esta operación, por un ayudante, que colocado detrás del maestro, aguarda el momento de ser necesaria su ayuda, para mover el hierro, sirviéndose cuando convenga de unas tenazas, con las que haciendo gran fuerza realizan el movimiento.

Si el hierro se ha enfriado y los golpes se vé que producen poco efecto, entonces es necesario volverle á la fragua, para que reciba una nueva calda, á fin de que no se abra, y se esterilice el trabajo anteriormente practicado.

Con ello ya podemos inferir que del maestro depende, dar á la pieza la forma y dimensiones que juzgue convenientes, ya sea ésta redonda, plana ó cuadrada, así como el dejar las aristas vivas ó achaflanadas, todo consiste en presentar, volver y pasear la pieza sobre el yunque, de modo que reciba los golpes de los mazos en los sitios convenientes.

Son muchas las operaciones que caben con el forjado, y según ellas, así ha de situar la pieza en una ú otra posición, así como diversas serán la dirección del martillo al golpear, como también su mayor ó menor peso, y la potencia del golpeo. Así hay batido para *alargar, reducir, aplanar, estrechar, escuadrar, redondear* y *doblar*.

Para la primera operación ó sea el *estirar;* después de golpeada, toda ella no con mucha fuerza, dejando empero de hacerlo en su parte anterior y posterior, y este golpeo ha de hacerse como arrastrando el martillo en contacto con la barra, y como el oficial se lo trajera hacia sí, simulando rasgar el hierro y sentándolo bien plano.



Análogo trabajo, es el que se emplea para *aplanar*, únicamente que aquí el movimiento del martillo, cuando parece trata de producir desgarro, se ha de dirigir en todos sentidos, en lugar del solo movimiento longitudinal que tenía en el caso anterior; dicho movimiento que podríamos llamar de resbalo y frotamiento algo intenso, se ha de dirigir con más ahinco si cabe hacia el borde de la pieza.

Para la operación de *reducir* y *estrechar*; los golpes se han de llevar en el sentido en que se pretenda la reducción, dándolos secos y como contraídos y esto alternativamente en ambas caras opuestas y en sentido perpendicular á las mismas.

También han de ser secos y contundentes los golpes que se den en los ángulos en donde se quiera *escuadrar*, la pieza ó formar un ángulo determinado, siendo los más preferibles aquellos que ya de primera intención, ceda la pieza formando el ángulo que se pretende formar; es regla aquí también de guardar que la dirección de las percusiones sean normales á la cara que se trabaja.

Por el contrario cuando se trata de *redondear*; el movimiento del martillo, no puede ser tan brusco y seco en sus golpes; pues se trata de una labor más paciente que el caso anterior, pues á la par que los golpes de martillo, han de ir obligando sucesivamente que el hierro vaya adquiriendo la forma curva, muchas veces, conviene desmochar algún tanto quitando material, para que en su conjunto vaya entrando en la curvatura apetecida; los golpes serán débiles y acompasados tendiendo con un poco de paciencia á que el material se redondee; en este caso particular, suelen quedar en la boca del martillo, y como adheridas, algunas partículas del metal, y como si dicha boca sudase.

Para *doblar*; se ejerce la acción del martillo en toda la parte que ha de quedar doblada, debiendo antes de señalar la doblez con el degüello, en la misma forma que se trabaja con una tajadera para producir el corte.

Si el hierro, no es muy grueso, se puede también doblarle, torciéndole con una grifa y haciendo el redoble cuando esté al rojo, pudiendo también emplearse las tenazas ó alicatas

para doblar las hojas en caliente; el encorvado se hace con las puntas de la bigornia.

Otra operación también de mucha importancia, es el de *cortar* al hierro; y ello se puede realizar en *frío* ó en caliente; en el primer caso los hierros han de ser muy delgados, así se cortan en frío las chapas ó láminas muy delgadas, echando mano de las tijeras ó cizallas, ó sino viene el hierro en forma de láminas, pero su grueso sea del mismo modo muy reducido, entonces se emplea el *cortafríos*. En el segundo caso, cuyo empleo viene indicado de ser ya gruesa la pieza, se hace preciso ponerla al fuego, y luego sacarla, ponerla sobre el yunque y en éste cortarla. La calda que ordinariamente necesita para semejante operación, es la que corresponda al color rojo cereza, ó bien al *blanco*, de tener bastante grueso el hierro que se trata de cortar. El instrumento de corte, es aquí la *tajadera*, la cual puede emplearse la de *mano*, ó la de *espiga*, si la primera, se coloca ella, por un operario sobre el hierro en el mismo punto en donde se quiera cortar, colocada en dirección normal á dicho hierro, y sujetándola por el mango con su mano derecha, mientras que con la izquierda sujeta á la pieza, ahora otro operario la golpea á dos manos con un fuerte martillo, recibiendo los golpes la cabeza del mango de la tajadera; y así el hierro se corta. Es bueno al retirar la tajadera sumergirla en el agua para que conserve su temple.

Si se emplea la tajadera de espiga, entonces ésta se aloja en la clavera del yunque, y encima el hierro, rojo sobre el filo sufriendo en seguida la percusión del martillo, lográndose inmediatamente el corte, y como en el caso anterior, conviene siempre la inmersión en el agua, de la tajadera.

Si el hierro es muy grueso, se emplean ambas tajaderas, simultáneamente, cogiendo á la pieza entre ellas.

La tajadera de mano puede emplearse para los hierros de grueso medio y la de espiga para los más delgados.

Hay circunstancias en las que es preciso, cortar en el tornillo con cortafríos. Si es necesario cortar una pieza algo fría, ó de tal especie que no se pueda calentar ni golpear en ella con un cortafrío, se emplean los arandeles.

Las operaciones descritas anteriormente para cortar al hierro son análogas, á las que se practican para el *estampado*, únicamente que aquí las tajaderas se substituyen por las estampas y contra-estampas, haciéndose siempre en caliente.



De no salir bien la operación, entonces se enrojece el hierro nuevamente, y se aplana con destajadores empleados á manera de estampas.

204 **Perforaciones ó agujeros.**—Es operación fácil para el cerrajero, la de abrir agujeros en los hierros, y prescindiendo ahora de las máquinas de taladrar cuya descripción hemos hecho en su lugar correspondiente, nos limitaremos tan sólo al trabajo á mano que tiene lugar en los talleres, y bajo este punto de vista, recordaremos que semejante operación, puede hacerse en *Caliente* y en frío. En el primer caso, el trabajo se hace sobre el yunque y con un punzón; y á este efecto, se empieza señalando sobre la pieza de hierro el punto, ó sitio preciso que se quiere abrir el agujero, y esto tanto en la parte superior como inferior del hierro (coincidiendo por lo tanto en un mismo sitio las señales hechas arriba y debajo de sus dos caras); se coloca luego el hierro sobre el yunque, de modo que los puntos señalados anteriormente, coincidan precisamente, con el orificio del yunque, destinado á la clavera: colóquese en seguida el punzón bien vertical, de modo que su punta, cubra el punto señalado, golpeando inmediatamente á dicho punzón sobre su cabeza, y en tal situación, su punta, abrirá boquete en el hierro, introduciéndose por el agujero de la clavera; en este estado se vuelve la pieza, y dado caso que el trozo que el punzón haya arrancado, no se halle desprendido, entonces se le hace saltar de cuajo con un golpe de martillo; se introduce luego el punzón por este lado reverso, dando sobre su cabeza algunos golpes, con objeto de perfeccionar mejor el agujero. Finalmente se coloca otra vez, la pieza de plano sobre el yunque, y se la endereza, pues en virtud de la operación anterior, siempre queda algo encorvada. De todos modos, al sentar la pieza sobre el yunque, se cubre el hueco practicado, con un grandidor, y se golpea con el martillo los bordes de aquel para alisarlos; el empleo del grandidor es necesario, porque de otro modo al aplanar el agujero, se deformaría y disminuirían sus dimensiones por el ensanche que el batido produce siempre.

Ocurre, como por ejemplo al construir una reja, que hay necesidad de abrir agujeros, unos en pos de otros, en una barra; aquí serían en los travesaños de dicha reja; en este caso se adopta el recurso de reforzar al hierro en las inmediaciones de los agujeros, dando mas ensanche á la pieza

alrededor de la perforación y contorneada insiguiendo la misma figura del orificio; así obrando no se debilita la barra, como así sucederá de dejarla simplemente perforada toda ella á intervalos muy próximos, cuales son los que rijen la separación de los montantes; por esto se refuerza en cada punto para conservar su resistencia.

Se emplean aquí una serie de punzones de distintos tamaños, empezando por el mas pequeño para no desprender hierro, se moja por las caras del agujero, y con el martillo de mano se golpean los costados para dar forma al ensanche, se abre más el orificio ensanchándole con un punzón del tamaño inmediatamente superior, repitiendo esta operación constantemente, hasta llegar á la dimensión que se desea.

Es pertinente aquí una interesante observación, y es, que en virtud de la serie de agujeros practicados en la barra, y á la vez ensanchados, al objeto de ganar los refuerzos antedichos; acortarán precisamente la longitud de la pieza, cambiando la medida que antes se hubiera tomado, ó se hubiera partido como á dato fundamental; y se acortará en tanto cuanto equivalgan á los ensanches, por lo que es preciso antes de trabajarla, calcular la longitud que debe tener, para que después de terminada la operación, quede con la que le corresponde: este cálculo es muy fácil, pues basta dibujar en un papel y en escala determinada, la forma final de la barra, mirarla de plano, y suponiendo que el grueso del marco de los agujeros, es medio ancho, se suman las longitudes exteriores de uno de los costados, y esta suma, será el largo que debe tener la barra, antes de empezar la operación que se practica con frecuencia en los traveseros de las rejas, haciendo generalmente los agujeros circulares, romboidales y cuadrados.

Para agujerear en frío se emplean los punzones y los taladros, cuyo manejo es sencillísimo; el primero ya lo hemos empleado anteriormente; y el segundo; se reduce á hacer girar la broca ó avellanador que va al extremo de la herramienta, empleándose regularmente el berbiquí en los hierros de grandes dimensiones. Más antes de practicar la operación, se empieza *cebando* el hierro, esto es, indicando el agujero ó practicando una entalladura con un buril de punta ó un punzón, fijando en aquel, el útil mojado en aceite, para suavizar el movimiento y que se gaste menos la herramienta; se evita por dicho medio que aquella resbale. La operación de taladrar es muy pesada, y hay que sacar de vez en cuando la broca, y limpiarla del barrillo que ha formado ese detritus al mezclarse con el aceite, que se remueva en el agujero, á medida que avanza aquella: esto también tiene por objeto refrescar la herramienta para que no se destemple y pierda su dureza. El pago de este trabajo se hace generalmente por el número de agujeros abiertos.



**205 Pegadura y soldadura.**—Una de las principales propiedades del hierro y que es muy digna de llamar la atención, por lo que respecta á los enlaces de este metal, es de ser susceptible de pegarse consigo mismo, mediante que esté sometido á la alta temperatura del rojo blanco; sin embargo la temperatura no resulta constante para todos los hierros, pues según sus particulares cualidades, llegan á aquel estado más ó menos pronto, hacia los límites próximos á dicha calda.

No hay que confundir la *Pegadura* con la *Soldadura*. Se verifica la *Pegadura*, cuando las dos piezas se unen invariablemente constituyendo una sola, bajo la acción del fuego, y sin intermedio de otro metal, pues aquí las dos piezas, son del mismo género *hierro*, y precisamente este ya hemos dicho tiene esta especial propiedad, lo propio que también la tiene el *Platino*.

La *soldadura*, tiene por objeto unir dos partes de un mismo metal ó de metales distintos, por medio de otro tercero que sirve de intermedio, interponiéndose entre ellos; el cual se escoge de modo que sea más fusible que los dos que se trata de enlazar.

La Pegadura se llama también *Soldadura autogena*; estas hay lugar á disponerse de maneras diferentes, según la posición relativa de los hierros que se van á enlazar: Así hay tres clases de pegaduras y son:

1.° *Unión de tope* (empalme), cuando se trata de unir las dos piezas, de modo que la una sea prolongación de la otra, viniendo así sus ejes unidos en una sola dirección.

2.° *Liar* (acopladura), cuando las dos piezas se unen por superposición, formando entre sí otra única del doble de grueso de cada una de ellas.

3.° *Juntar de patilla.*—Cuando las patillas ó piezas se han de enlazar, de modo que el eje de la una forme un ángulo cualquiera con el eje de la otra, (y es lo que conocemos por ensaluble de encuentro ó de ángulo).

En el primer caso; esto es el empalme, se procede ante todo á calentar los extremos de las dos piezas, hasta alcanzar la calda rojo-blanca, se sacan luego de la fragua y se *ceban*, (1) é inmediatamente de cebadas, se espolvorean sus extremos de enlace, con arena silícea seca, que al fundirse se apodera de los óxidos de hierro, formados para formar silicatos fusibles; colócanse inmediatamente los extremos de las piezas sobre la mesa del yunque y de modo que queden una encima de otra, en este estado, es cuando con la mayor rapidez, se golpean en el sitio del enlace, primero lentamente y luego con rapidez y así los silicatos formados saltan en escorias, quedando sólo el hierro completamente pegado, en virtud, que el batido, ha hecho, que durante la operación, fueran compenetrándose las dos piezas, facilitando semejante fenómeno el estado de blandura, en que se hallaban, y que permite como una fusión completa de las dos al unificarse perfectamente.

El segundo caso de enlace el *liar* (acopladura): las operaciones son análogas á las anteriores; así las dos piezas se han de caldear en toda su longitud, y esto por igual al rojo-blanco (faena dificultosa en extremo, dado que las piezas sean de dimensiones algún tanto regulares), ya obtenida en ellas la citada calda, se sacan de la fragua, y á todo lo largo se espolvorean con arena seca, superponiéndolas en seguida, sujetándolas con tenazas y aun mejor con un alambre que las envuelva en espiral, y se golpean sobre el yunque, hasta que penetrándose mutuamente hayan formado un solo cuerpo.

Finalmente, para el tercer caso ó sea *juntar de patilla* (Ensamble), se empieza disponiendo los extremos de las piezas que hay que unir, de modo que se facilite dicha unión, y para eso se las *ceba*, aquí de distinto modo que en uno de los casos anteriores; para eso se forjan estos extremos en forma de *bisel ó corte á pluma*, los dos iguales, al objeto de poder ajustarse y aplicar entre sí; esta operación se hace con las dos piezas á la vez, y ambas estando al rojo-blanco, y luego colocadas sobre el yunque, para practicar aquella operación

(1) Se ceba de distintos modos, uno de ellos es que se dejen caer verticalmente las dos piezas sobre la mesa del yunque, y esto desde una regular altura, y con ello se ensanchan sus dos estremos, operación necesaria, si es que la barra ha de quedar con el grueso primitivo, después del adelgazamiento producido por el forjado de la unión.



de forjado auxiliar, preparatorio; el forjado para el corte á pluma se hace por lo regular con el martillo, y en caso que convenga con la lima; y hecho que sea semejante requisito, se cubren los sitios en donde se han practicado los biseles con *bórax* y una pequeña porción de *sal amoníaco*, á fin de evitar la oxidación, se les da luego la calda sudante llevándolas otra vez al yunque, haciendo los ajustes entre los biseles del corte á pluma, antes practicados, pero no, preceda el requisito de mover ó agitar las piezas al aire, para que pueda desprenderse el carbón que quizá lleven adherido, se espolvorean con arena, y finalmente se forjan: Para ello, el ayudante coloca su pieza sobre el yunque, y el oficial mayor coloca la suya encima de manera que se correspondan las dos en sus biseles, conforme se ha dicho, golpeando suavemente encima y luego con más fuerza y rapidez, hasta concluir la operación como en los anteriores casos.

En síntesis, son cuatro los requisitos especiales, que conviene cumplir, para obtener buenas pegaduras.

1.° Que durante la operación el hierro esté fuera del contacto del aire (1).

2.° Evitar las batiduras ó escamas, que son resultado del contacto del aire (2).

3.° Evitar la oxidación de las superficies en contacto (3).

4.° Arreglar el fuego, evitando las grietas de escape.

La pegadura, se creía antes, que sólo podía tener lugar entre dos piezas de hierro dulce, mas andando el tiempo y hechos experimentos previos se ha visto, que puede tener lugar, y hoy ya se practica, de acero con acero, de acero con hierro, de acero con fundición, ésta consigo misma, y de hierro con fundición. De todos modos en semejante operación, se requieren cumplimentar los requisitos que antes hemos expuesto; esto es cebar las piezas, recubrir el enlace con *bórax*, llevarlas luego á la fragua para que se funda el bórax, del que se espolvorean de nuevo, unir los cortes y batir la unión, por último complimentar las prescripciones ya cita-

(1) Para ello se hace de modo de formar bóveda con el carbón, para lo que se emplea la hulla grasá, sea evitando también que el chorro de aire caliente de la tobera dé directamente sobre la pieza.

(2) Dado caso que se produzcan quitarlas y volver á poner la pieza al fuego antes de continuar la pegadura.

(3) Para ello, puede valerse de la arena, arcilla, vidrio y bórax.

das en este mismo párrafo, y en el caso de pegar hierro con acero, se caldea aquél antes que éste, para que no se descarbone, si sufre demasiado tiempo la acción del fuego.

El medio para conocer, si la calda está al punto, para efectuar la pegadura, es en que al obrar el fuelle, saltan multitud de chispas muy tenues y brillantes, que contienen cuando se retira el hierro del fuego, indicio de la calda sudante, además del color especial de dicha calda.

*Soldaduras.* — Hecha anteriormente, la diferencia que existe entre las pegaduras y soldaduras, añadiremos ahora, que estas últimas se lleven á cabo por medio de aleaciones; tienen muchas y variadas aplicaciones, y las más principales para el objeto que nos concierne pueden reducirse á tres, y son: la de *cobre*, la de *plata*, y la de *estaño*.

La de *cobre*, se compone de *cobre rojo* y *zinc*, en ella 83'34 partes de cobre (en peso) y 16'66 de zinc (también en peso); la soldadura obtenida con esa relación de partes, es la que se denomina *fuerte*, pero como de aumentar el zinc y disminuir el cobre, será tanto mayor la fusibilidad de la soldadura y se fabricará con más ventaja, muchos prefieren las proporciones siguientes en la aleación *cobre* 66'60, *zinc* 33, pero en cambio la soldadura se hace más agria.

La preparación de semejante aleación se hace del siguiente modo: Se pone el cobre en un crisol nuevo, y se le funde, añadiéndole el *zinc* cuando el cobre esté líquido; se cuela luego la mezcla en una lingotera y se la deja enfriar. El metal se reduce á planchas por medio del martillo, y aun mejor con el laminador.

Esta aleación resulta prácticamente algo difícil de emplear, por cuyo motivo, se prefiere muchas veces la *soldadura de plata*.

La *soldadura de plata*, se compone de plata y cobre amarillo; y así se dice que está al $^1/_3$, al $^1/_4$ ó al $^1/_6$, según que la cantidad de cobre empleado, es el $^1/_3$, $^1/_4$ ó $^1/_6$ de la plata aleada; en las soldaduras de objetos delicados, los cerrajeros emplean, la soldadura al $^1/_4$, y ésta se prepara así: El cobre y plata que se han de fundir, se colocan en un crisol, se calienta, y cuando la mezcla está en fusión, se cuela en una lingotera; se aguarda que esté fría, y en semejante estado (1), se forja con precaución, aplanándola, hasta que esté reducida al espesor de una cartulina fina.

(1) El forjado de semejante aleación, no puede hacerse en caliente, porque se agrietaría, debiendo dejarla enfriar de tiempo en tiempo durante el forjado, y aun sumergirla en agua fría, para activar su enfriamiento, no continuando el forjado hasta, sino cuando está perfectamente fría.



Para llevar á cabo una soldadura entre dos piezas, conviene cebarlas antes con la lima, y se unen sus puntas, y luego se atan ó ligan dichas piezas con alambre fino, llamado *alambre de atar*; en este estado, es que se extiende la soldadura sobre la punta; esta soldadura va en forma de pasta; ésta se prepara, mezclando la soldadura en polvo con bórax, esta mezcla se amasa en seguida con agua para formar la pasta en cuestión.

Otras veces, se corta la soldadura en tiras delgadas, las cuales se atan con un alambre rodeando á la punta. Después de preparada en cualquiera de las formas indicadas, se coloca sobre un montón de argamasa de consistencia pastosa, que consta de arcilla bien amasada con batiduras de hierro y estiércol de caballo; rodeando toda la juntura con esta masa en un espesor de tres centímetros, y una vez este conjunto está bien modelado con la mano, se espolvorea con batiduras de la fragua, y se somete al fuego de una manera moderada, activando luego la calda hasta llegar al rojo, dejando que se apague primero la llama azul (1) y después la de color violeta que aparece después; se saca la pieza y se deja enfriar, en cuya operación se va dando vueltas al objeto que se trabaja, para que la soldadura penetre bien en la junta, haciendo lo propio sobre el yunque hasta que se enfría.

También puede ponerse la soldadura batida entre la junta, unir las piezas, liarlas, cubrirlas y llevarlas al fuego.

Cuando hay que soldar un metal con el hierro ó el acero, es preciso calentar antes estos últimos, preparándolos así para recibir con ventaja la soldadura, de no hacerlo, se presentaría formando gotas aisladas sobre las piezas, sin poder soldar entre sí los metales, puesto que los poros del carburo de hierro no estarían bastante abiertos para impregnarse.

Para soldar dos piezas de fundición, puede emplearse el procedimiento del italiano Morosi, consistiendo en intercalar

(1) La llama azul, es debida al latón que empieza á fundirse; cuando la llama adquiere el color violeta, es señal de que el latón, se halla ya completamente fundido.

entre las dos piezas, una hoja delgada de hierro forjado, poniendo después todo este sistema al fuego.

206. **Trabajo en el tornillo ó banco.**—Una de las operaciones más principales que efectúa el cerrajero en el tornillo, es el *limado*; por el cual consigue adelgazar, acortar y pulimentar el hierro. Limando en el tornillo, puede hacerse de dos maneras distintas, cuales son en el sentido de lo largo de la pieza, ó de su través ó ancho. Tiene lugar lo primero, cuando se trata de adelgazar ó rectificar la pieza; á este efecto se toma la lima con las dos manos; la palma de la mano derecha fuertemente apoyada en el mango, empuja la herramienta, que es comprimida contra el objeto por la mano izquierda. En semejante posición se procura obtener una superficie limada, sobre la cual no aparezcan las señales de la lima por grueso que sea su picado. Si se empuja la lima en el sentido de su longitud ó de su ancho, el vértice agudo de los dientes deja un surco tras sí; es por lo tanto preciso encontrar una lima intermedia de movimiento, que haga dejar el menor número posible de asperezas.

Para conseguirlo, se coloca la lima oblicuamente á la pieza, de modo que forme un ángulo de 45° (1) y se verifica este movimiento según el cual; por una parte la lima obra á lo largo, empezando por la punta y terminando por el mango, y por otra recorre la pieza colocada en el tornillo en el sentido de su longitud. En semejante trabajo, se ha de evitar el cargar el peso del cuerpo sobre la lima; la fuerza con que se obra debe ser regular y moderada si se trata de limas de plano, pues que la menor oscilación ó sacudida perjudicaría á la igualdad de la superficie, formando como una especie de lomo.

Si se trata de limas de *través*, se coloca la lima en ángulo recto sobre la pieza que se opera, y en esta posición, se trabaja empujando el útil.

Mas ocurre frecuentemente, que la pieza que se ha de limar es muy pequeña y no puede sujetarse entre las quijadas del tornillo y entonces se practica el limado á mano. Para esto se sujeta la pieza con una entenalla con la mano izquierda, y se apoya sobre un madero de limar que debe estar sujeto entre las quijadas de un tornillo, y se lima con la mano

(1) Los obreros conocen á esta posición con el nombre de *Cruz de San Andrés*



derecha en largo ó de través, según convenga; esta operación es la que se llama *tornear á mano*. El operario debe colocarse de pie, cerca del banco, la pierna izquierda apoyada en el tornillo, y la derecha un poco detrás; esta última está destinada á servirle de punto de apoyo y á aumentar su fuerza. Cuando da el golpe de lima empujando, afirma la pierna izquierda y extiende los brazos; la fuerza debe partir solamente de los hombros, y el cuerpo no hace más que pequeños movimientos.

Cuando la pieza está desvastada con el carrelete ó con las limas de paquete, se la repasa con la lima bastarda para quitar los surcos de las limas gruesas, y después se afina con las limas finas y dulces.

Las limas medianas no bastan, para dejar la pieza dispuesta al pulimento, siendo para esto, necesario emplear las limas más finas; á veces prestan muy buen servicio para esto, las limas muy usadas, que sólo dejan señales muy imperceptibles.

207. **Pulimentar.**—La operación del pulimento, viene á ser el complemento del trabajo hecho con la lima; y en efecto, después de limada la pieza, quedan en ella cierto número de líneas, trazos ó surcos, que muestran el paso del instrumento, al frotar la superficie de la pieza, y esto es precisamente, lo que se trata ahora de atenuar, quitando en lo posible tamañas irregularidades y haciendo aparezca dicha superficie lisa, fina y continua en toda su extensión; y para ello se echa mano de ciertas substancias ó materias, con las cuales se frota la superficie de que se trata, desgastándola de sus moléculas ó elementos salientes, hasta que á simple vista no aparezca solución de continuidad.

Cuanto más pronunciadas sean las asperidades que hay que quitar, tanto más grueso debe ser el grano; ó burda la substancia que se emplee para el frotamiento; pero lo que sí es necesario, que una vez empleada esta substancia y haya cumplido su misión, cual ha sido, de desvaste, emplear progresivamente otras materias de grano más fino, hasta llegar á emplear un polvo fino, que no deje ninguna señal accesible á la simple vista.

Las materias que á este fin se emplean, son piedras de afilar, que cada vez sean más finas, y después ciertas materias pulverizadas, tamizadas y extendidas con una gamuza, con la que se frota el objeto para producir el efecto deseado. Uno

de los cuerpos, entre los minerales, el que se emplea con más frecuencia es el *esmeril* (1), variedad del corindón ó topacio oriental. La roca de la que se saca el esmeril, contiene fragmentos más duros que el acero, que por lo tanto pueden atacarlo; tales son: el cuarzo, feldespato, granate y corindón.

Además del esmeril se emplean los óxidos de hierro, en especial el de color rojo, siendo preferible el que se conoce con los nombres de *estaño calcinado* y *rojo de Inglaterra*, y aun también el *colcotar* (2) aunque éste no es de tan excelentes resultados como los dos primeros.

Estos óxidos se muelen y clasifican como el esmeril por la decantación (3).

En determinados casos se emplean *bruzas*, ó cepillos de pelo corto y más ó menos duro, para dar el pulimento y finalmente los bruñidores, que se usan á manera de limas. Algunas veces se termina con *creta ó blanco de España*, desleída con alcohol, con la que se embadurna ó recubre el objeto, se deja secar y se quita con un paño ó gamuza; el último pulimento se da con la palma de la mano ó una piel fina y bien curtida, empleándola por la cara más suave.

Algunos obreros han creído hacer un buen rojo, echando limaduras de hierro en orines; se obtiene de este modo, al cabo de algún tiempo, un óxido que se calcina fuertemente, se mezcla, se lava y se clasifica por decantación.

No siempre se emplea el rojo para pulimentar, haciendo

(1) Para formar el esmeril, se pulveriza la piedra y se lava en un estanque; las partes más gruesas se precipitan, y las más finas quedan en el agua; se decanta ésta sin detenerse mucho tiempo, en otro depósito, y allí se deja sedimentar un poco, recogiéndose las partes más gruesas en el fondo.

Se continúa decantando el agua en una tercera vasija, y en ella se depositará otro polvo más fino; continuando decantando, se obtendrá cada vez un depósito de polvo de esmeril más fino: estos depósitos se recogen y se secan, guardándolos separados y calificados por números, para emplear, cuando sea necesario, el de grano más conveniente.

(2) Polvos encarnados que se designan con el nombre de *tierra para pulimentar* y se emplea después de lavada y molida.

(3) Todos los óxidos de hierro pueden emplearse con ventaja para pulimentar, aun el orín que se encuentra en los hierros que han estado expuestos al fuego; cuando se ha llegado por medio de una elevada temperatura á dar á estos óxidos el mayor grado de dureza, se pulverizan y se lava y se decanta el polvo, clasificándolo como se ha dicho para el esmeril.



uso solamente del esmeril, empezando por el grueso y acabando con el más fino.

Para efectuar el pulimento, se emplean ruedas ó muelas de madera, sobre las que se pone el esmeril ó el rojo; lo más general es tener un listón de madera sobre el que se pone el esmeril con aceite, moviéndolo á modo de lima.

Los ingleses son los que han perfeccionado más este especial trabajo sobre todo en objetos y dijes de hierro.

208. **Burilar.**—Cuando se trabaja el hierro con el *buril*, es cuando se practica la operación de *burilar*; y generalmente se usan en la cerrajería los buriles, para alisar, el *chaple de escoplo* y el *chaple redondo*, que con buriles con corte de formón y gubía respectivamente, son lo que se van arrancando virutas formando así en la superficie una serie de cintas, unas al lado de otras.

209. **Torneado.**—Como el mismo nombre indica, se trata aquí de una operación especialísima, efectuada en el torno, y para cuando se trate de terminar las piezas de hierro, por superficies de revolución. El torneado de las piezas pequeñas se hace por medio de *tornos al aire*, y el correspondiente á las piezas grandes, empleando *tornos de puntas*. Lo primero que se ha de tener cuidado es lo que se llama centrar la pieza, esto es fijar el eje de rotación, y con el cual se ha de relacionar; para ello se alisan bien, limando, las dos testas de la pieza y cuyas serán normales á dicho eje; buscando en seguida el centro de figura de cada una de dichas caras; ahora señalados dichos puntos, se acusan aun mucho más por medio de un taladro, y en seguida, se coloca la pieza en el torno, de modo que las dos puntas del torno, sirvan de apoyo á la pieza, cuya descansará en ellas por medio de los dos puntos últimamente señalados en las testas. Se engrasan luego los sitios de frotamiento alrededor de los cuales se efectúa el giro, y empieza éste su movimiento, apoyando las herramientas en el porta-útil, aproximando ó separándolas de la pieza que se trabaja según sea necesario. Conviene que la velocidad del torno sea pequeña, y se refresca la herramienta de tiempo en tiempo, para que no se destemple ésta y sea más fácil el trabajo.

Así el hierro y el acero se bosquejan y desbastan con una herramienta en forma de corchete; el cual debe tener un mango muy largo con objeto de tener cierta potencia y servir de brazo de palanca, capaz de oponer alguna fuerza á la den-

sidad y compacidad del metal; la mano izquierda se coloca cerca del soporte sosteniéndole ligeramente; la mano derecha está en la extremidad del mango oponiendo una vigorosa resistencia.

El útil no debe morder demasiado, porque ó sería arrastrado por el objeto torneado ó estropearía la obra; se hace descender un poco la nariz del corchete; y se le coloca de modo que muerda el hierro un poco por encima del diámetro horizontal.

La herramienta debe morder ligeramente, y al hacerlo se le imprime un ligero movimiento de traslación, llevando la mano á la derecha y volviendo luego á la primera posición.

Cuando la pieza es pequeña, se puede desvastarla con el buril, pero; generalmente se desvasta con el corchete, y se remata con el buril, con el cual se tornean perfectamente toda clase de molduras, gargantas... etc.

**210. Alisar.**—En el torno, el útil es ordinariamente de acero fundido y bien templado, muerde la pieza exteriormente, para hacerla perfectamente cilíndrica ó redonda; esto es lo que hemos dado el nombre de tornear; pero cuando se trata de ahuecar interiormente una pieza de hierro ó metal agrandando un agujero cilíndrico, se da el nombre de *alisar* á semejante operación, y las herramientas entonces empleadas son los *alisadores*.

Estos en la mayor parte de los casos consisten en una barra de acero, cortada en bisel por sus dos extremos, y que se fija, en unas ranuras de la varilla que constituye el mango, es necesario vigilar mucho la marcha de la operación; pues la herramienta salta con facilidad; el eje de giro es horizontal para las piezas largas y delgadas, y tiene que ser vertical para las cortas y gruesas, que sobre apoyarse mal en sus generatrices podrían deformarse por el peso, y al labrarles quedar desiguales de espesor.

**211. Cepillar.**—Cuando se alisan las superficies planas, entonces el alisado cambia de nombre y se llama cepillado. El cepillado puede ser á mano, ó con el auxilio de máquinas que exprofeso se fabrican para semejante operación. El cepillado á mano, consiste en las operaciones de *burilar*, *limar* y *pulir*, cuales hemos pasado ya en revista, y cada una en particular.

**212. Preservación del hierro de la herrumbre ú orín.**—Sabido es que el aire húmedo, altera lentamente al



hierro, oxidándole, y recubriéndose por este motivo su superficie de una capa amarillenta llamada vulgarmente *orín* ó *moho*, la cual viene á constituir, un *hidrato de peróxido de hierro*.

En esto una parte del hidrógeno, que se desprende, por la descomposición del agua, se combina al estado naciente con el nitrógeno del aire para producir el amoníaco que queda combinado con el orín; así pues, el hierro oxidándose, produce *orín*, y éste acaba por reducirse á un polvo amarillento, el cual á la larga y desprendiéndose sucesivamente del cuerpo general que forma el hierro, y por grueso que éste sea, va adelgazándolo lentamente, y acaba por deshacerle, destruyéndolo por completo, hasta lograr su total desaparición.

Semejante acción es relativamente rápida en el aire húmedo, muy lenta en el aire seco, y nula según se demostró, cuando el hierro está metido en polvo de carbón (1).

Si el hierro estuviera rodeado de un aire perfectamente seco no estaría expuesto á que en él se depositara semejante capa perniciosa, mas en el momento que le pongamos á la exposición del aire húmedo, con el concurso é influencia del agua y del ácido carbónico, no tarda mucho en tomar un cierto y especial color, entre obscuro y amarillento que lo empaña y llega á corroerle, alcanzando con el tiempo hasta lo íntimo del cuerpo Fórmase al principio protóxido de hierro, y éste no tarda en transformarse en peróxido hidrato; así entre la capa ó costra del óxido y el hierro, se origina un par voltáico, cual apresura la venida de nuevo y sucesivo estrato demoledor, gracias á la corriente eléctrica que se desarrolla; la humedad condensada en el aire se descompone de modo, que el propio oxígeno se fija sobre el metal, mientras que el hidrógeno se desprende, cuyo ya hemos indicado, que en estado naciente se combina con el nitrógeno atmosférico y produce el amoníaco.

Los vapores ácidos que quizá existen difundidos en el ambiente, favorecen también la formación de la herrumbre,

(1) Semejante última propiedad, se dedujo, examinando una cadena de hierro, después de haber permanecido, durante diez años, sepultada en el fondo de un pozo de mina, y en ella se encontró, que en una parte, estaba completamente intacta, y en la otra hallábase profundamente alterada por la oxidación; es que ésta, había estado expuesta continuamente al aire, mientras que la parte conservada, se encontró introducida en un montón espeso de hulla menuda.

puesto que sobreponiéndose el ácido, por vía de la humedad, sobre la superficie del metal, coopera en la descomposición del agua, y de aquí que contribuya á oxidar más prontamente que no lo hubiera hecho, con el solo aire atmosférico en las condiciones ordinarias. En este caso se producen subsales de hierro, que por ser muy ricas de óxido, son insolubles y afectan el color del puro orín ó herrumbre.

Por ello, vemos el contraste, de que siendo el oxígeno uno de los elementos más poderosos que nos alienta y nos da vida, viene por otra parte á ser causa poderosamente destructora para el hierro, esto es, una de las materias más fuertes y robustas que conocemos, y la cual corroída sin cesar por aquel nuestro vital elemento, acaba por desaparecer, al reducirse en definitiva, en incoherente polvo.

Ya de muy antiguo se tomaban precauciones para defender al hierro de semejante plaga; los cuerpos grasos que no contienen agua y no se espesan á la larga, son los mejores preservativos, como los aceites de oliva purificados, de nueces, de fabuco (1), de linaza, cuales entran en la formación de los baños de colores llamados al óleo, y también en la confección de los barnices. También se emplea el barniz que proviene de la goma elástica disuelta en trementina. Este barniz precisa sea aplicado con mucha presteza, quitando el exceso, con un cepillo impregnado también de trementina.

Procedimiento empleado con igual objeto, es el de la galvanización, por medio de la cual se cubre al hierro con una capa de zinc, y así recibe el nombre de *hierro zincado* y se lleva á cabo por la inmersión de la pieza de hierro en un baño de zinc fundido. Este último metal se halla más propenso á la oxidación que el propio hierro, mas como quiera que la oxidación se limita tan sólo á la superficie, y la parte alterada viene á constituir una suerte de barniz, éste es tal, que impide continue la oxidación.

Una de las más importantes aplicaciones de semejante sistema es la que se refiere á la fabricación de *clavos galvanizados*, *hilos telegráficos*, *cercas ó vallas* para jardines... etc., etc.

Los químicos Vicat y Payen, lograron evidenciar con sus experimentos, que los álcalis, eran un gran preservativo contra la *herrumbre* ú *orín:* el hierro puesto en un baño en una

(1) El fabuco es el fruto del árbol llamado haya.



ligera disolución de potasa de sosa, de carbonatos alcalinos de estas bases, de amoníaco ó de agua de cal, se conserva intacto por tiempo indefinido. Y esa influencia alcalina, es de tal naturaleza, que persiste en su efecto conservativo, aunque sea formada muy débil semejante solución.

Del propio modo, pueden conservarse incólumes las piezas sean de hierro propiamente dicho, acero y fundición, inmergiéndolas en un líquido compuesto de una parte de potasa y quinientas de agua; mas en el caso de que fuera engorrosa dicha inmersión, entonces puede ser suficiente, cubrir ó dar un baño en capas, con una substancia alcalina, preparada con una solución saturada de potasa, y contenga el doble en volumen de agua, no sin que, para hacer más consistente y espesa dicha solución se la deje de mezclar algún tanto de *goma tragacante*.

*Peróxido de plomo.*—Su procedimiento consiste, en bañar el sitio del hierro que se quiera defender, de una ligera capa de *peróxido de plomo*, echando mano para ello de una solución de óxido de plomo en la potasa y de la fuerza descomponente de la pila eléctrica. Fórmase así una especie de materia pastosa de un color amarillento, que se adhiere con fuerza, y cubre la superficie defendiéndola del aire circundante.

*Goma euforbio.*—Proporciona un medio eficaz esta substancia, para proteger las superficies de los metales. Proviene esta especial goma de ciertas plantas de la familia de las euforbiáceas (1), cuales se encuentran en gran abundancia en las regiones del Africa del Sud, muy especialmente en la *tierra del Natal*, comarca en la parte S. de la Cafrería.

Tales resultados pudieron evidenciarse, al hacer la aplicación de semejante barniz, sobre los cascos de los buques en los Docks de Chatam, dando con ello una inalterabilidad

(1) *Euforbiáceas.*—Familia natural de plantas dicotiledóneas talamifloras, compuestas de unos 86 géneros, con arbustos, matas ó hierbas caracterizadas principalmente por un jugo lechoso, como engomado, formando como papilla muy espesa, acre, y con frecuencia muy ponzoñosa y su tipo es el género *euforbio*. El Euforbio es un género de plantas de la familia de las *euforbiáceas*, y de la *Dodecandria trijinia* de Linneo, compuesta de más de 300 especies, ya fructicosas, ya herbáceas, pero muy parecidas entre sí por su organización, sus propiedades acres y venenosas, y sobre todo por la estructura de sus flores.

de las superficies durante el transcurso del largo plazo de diez años, que se fijó como á prueba.

A lo que parece, fué la casualidad, la que descubrió la bondad de dicha substancia para contrarrestar la perniciosa influencia del orín en las superficies metálicas, y en especial en el palastro de hierro, que es en donde tiene más aplicación.

Según versión de las gentes del Natal, resulta que cuando cortaban las referidas plantas, quedaba siempre una capa de goma extendida en la hoja del instrumento cortante, la cual pudieron á la larga observar como dicha capa impedía la oxidación sobre la hoja referida.

Ya descubierta semejante propiedad, trató de ensayarse en una hoja de palastro, bañándola al efecto de dicha substancia, inmergiéndola luego en el mar del Sur del Africa, en donde las aguas tienen una acción corrosiva muy pronunciada. El resultado que se obtuvo fué excelente, y con ello se aplicó á las cadenas de los puentes; y para ello se preparó el barniz disolviendo la goma en una esencia, ésta al cabo de un cierto tiempo se evapora, quedando finalmente sobre la superficie metálica, una capa protectora muy resistente.

Esta substancia por su naturaleza tóxica, es á la vez, un poderoso agente protector de los lienzos de las superficies en donde se aplica, destruyendo los numerosos insectos que viven sobre la tierra y en las aguas del mar.

*El cemento.*—Por último, nuestros constructores emplean con bastante éxito un buen baño de cemento aplicado sobre las piezas de hierro que hayan de ir ocultas ó expuestas á la humedad, y sobre todo, en aquellas de sus partes destinadas á ir empotradas en los muros de los edificios.



# CAPÍTULO QUINTO

## Formas de los hierros que se emplean en la construcción y que se proporcionan ya fabricados

**213**. Nos proponemos en este capítulo pasar en revista, las formas y dimensiones de los hierros que facilita el comercio, ya fabricados, y que por lo tanto pueden emplearse inmediatamente; los cuales para reseñarlos con más provecho los dividiremos en las siguientes agrupaciones:

1.° *Clavetería.*
2.° *Hierro de hendería.*
3.° *Hierro de batería.*
4.° *Hierro de hilandería.*

**214**. Clavetería (*clavo*, del latín *clavus*, del griego ηλος).—Llámanse así á unos trozos de barritas, ó vástagos metálicos, por lo regular de hierro, largos y delgados que sirven, para que al fijarlos en alguna parte, puedan ofrecer aguante á algún objeto pendiente en él; así como también poder asegurar un cuerpo con otro, y así los dos estar en íntimo contacto y unidos mediante la introducción del clavo entre ambos.

El clavo se compone de tres partes: 1.° *El cuerpo, vástago ó fuste*; es la barra cónica, cilíndrica, piramidal ó prismática (pues los hay terminados por cada una de estas superficies), que forman verdaderamente el cuerpo ó alma del clavo. 2.° La *punta*, extremo inferior, afilado, que sirve, para abrir paso al cuerpo del clavo, en la materia donde se

fija, y puede afectar la forma de corte ó ser piramidal y prismática, y 3.° La *cabeza*, ensanche en forma de sombrerete, en que termina la parte superior, ofreciendo así una superficie á propósito, para recibir el golpeo del martillo, á medida que se hace entrar en su aloje; además dicha cabeza indica, el justo límite de la entrada, para que así no se introduzca demasiado el clavo de que se trate fijar,

Con respecto á su construcción, pueden ser: 1 ° Forjados. 2.° Cortados y labrados en frío. 3.° Fundidos. (Estos últimos son muy poco usados en España).

La buena calidad del clavo, depende de la del hierro que lo informa, éste debe ser flexible y maleable, evitando el empleo del agrio y quebradizo en frío. La punta bien aguda y cortante; así como sus aristas, vivas y rectas y sus caras lisas y lustrosas, y sobre todo bien forjados y limpios.

Los clavos reciben nombres especiales, dependientes de su forma, dimensiones, empleo, del número de ellos que entran en la unidad de peso... etc., y así son y se denominan en la siguiente nomenclatura.

*Estaquillas*.—El clavo que tiene una longitud de 0$^{m}$'56, se usa en las obras de carpintería gruesa. Cuando el clavo es de la clase *común*, entran de él, en número de 17, por cada diez kilogramos, y si es de la clase de cuadradillo entran 33 por cada 10 kilogramos.

*Media estaquilla*.—Tiene una longitud de 0$^{m}$'348 y un grueso de 0$^{m}$'014 entran de estos clavos el número de 22, cuando es de la clase común y el de 43 cuando la clase es de cuadradillo. También en esta denominación, entra el clavo de *pie y cuarto*.

*De á tercia*.—Llámase así por ser su longitud la tercera parte de la vara, medida antigua, por la que se regía antes. Por lo tanto en milímetros tiene la longitud de 278, por un grueso de 12 milímetros. Entran 39 de ellos por cada 10 kilos cuando es de la clase común y el de 51, cuando es de la clase de cuadradillo. También entra en esta denominación el clavo llamado de *á pie*.

*De á cuarta*.—Derivado su nombre, por ser su longitud, el cuarto de la vara, y tiene por lo tanto una longitud de 209 milímetros y un grueso de 10 milímetros. Por cada 10 kilos, entran el número de 56 cuando se trata del común y el de 66, cuando es el de la clase de cuadradillo.

*Clavo gemal ó bellote*.—Tiene de largo 163 milímetros, por un grueso de 8 milímetros, entran de ellos 60, si se trata del común y 115 si es el de cuadradillo. Su empleo tiene lugar para afianzar, zapatas de pies derechos, piezas de armadura... etc. (En la pragmática de tasas, año de 1689, folio 29; se lee: «Cada libra de bellotes, estacas y gemales, á once cuartos).» Antiguamente se llamaba clavo gemal. (Así lo vemos en Ardenam, *Ordenanzas de Madrid*, cap. XXIV).



*Bellotillos*.—Es algo menor que el bellote, tiene una longitud de 139 milímetros por un grueso de 8 milímetros. Entran de ellos 65 por cada 10 kilos cuando se trata de la clase común, y 130 si es de la clase de cuadradillo.

La precedente nomenclatura, se refiere, á la llamada *clavetería gruesa*, esto es, para cuando sea preciso afianzar piezas que por sus dimensiones generales, ofrezcan un grueso de los mayores que se emplean ordinariamente en la carpintería. Mas para las piezas ú objetos de madera, de relativas menores dimensiones, se echa mano, de la clavazón menuda la cual es como sigue:

*Clavo de á dos cuartos*.—Nombre que toma de su precio corriente. Tiene una longitud de 116 milímetros, entrando 32 de ellos por cada 10 kilos.

*De á seis maravedises*.—Nombre derivado de su precio corriente, y tiene 104 milímetros de longitud, entrando 42 de ellos por cada 10 kilos.

*De á cuarto*.—Nombre debido á su precio corriente, y tiene una longitud de 93 milímetros, entrando de ellos 72 por cada 10 kilos.

*De á ochavo*.—Nombre debido á su precio corriente, y tiene una longitud de 81 milímetros, entrando de ellos en número de 108 por cada 10 kilos.

*De ala de mosca*.—El que tiene la cabeza, de forma semejante, al ala de dicho insecto, presentando dos sectores de círculo (véase fig. 181, lám. 8). La espiga es delgada y piramidal, de longitud 70 milímetros y son en número de 241, los que entran en cada 10 kilos de peso. Su empleo viene indicado, para cuando se trata de clavar tablas, aserradizas, sobre las que, después de clavadas, hay que pasar el cepillo.

*De chilla*.—El que tiene una longitud de 58 milímetros, y entran en número de 255 por cada 10 kilos, de peso. (Llámanse tablas de chilla, las delgadas y de ínfima calidad, que se usan para los enlistonados de cielo-rasos, cubiertas de tejado, y otras análogas). Su ancho suele ser de 0$^{m}$'28 y su grue-

so de $0^{m}$'017, denominándose de *siete* ó de *nueve*, según tengan respectivamente dichos pies de longitud; esto es, $1^{m}$'95, ó bien $2^{m}$'50. (En la pragmática de tasas del año 1680, fol. 30, se lee: «Cada docena de tablas de chilla á 23 reales).»

*De media chilla.*—Tiene de longitud 46 milímetros y entran 360 en los 10 kilos.

*Agujuelas.*—Tiene unos 35 milímetros largo y entran 680 por cada 10 kilos.

*Tabaques.*—Su largo es de 23 milímetros y entran 480 en los 10 kilos.

*Clavo de á veinte.*—El llamado así en Aragón antiguamente, porque, entraban 20 de su clase en libra. (*Estatutos de la ciudad de Zaragoza...* 1598).

*Clavo de á cuarenta.*—Este clavo se llamaba así, antiguamente en Aragón porque entraban 40 de su clase en una libra. (*Estatutos de la ciudad de Zaragoza,* sobre la tasa de los clavos... 12 septiembre 1598).

*Clavo arponado.*—El que tiene la espiga escamada, ó con pequeños salientes, para que agarre mejor en la madera.

*Clavo romano.*—El de cabeza grande y circular; de metal comúnmente, que sirve para sostener los alzapaños de una cortina ó bien simplemente de adorno.

*Clavo trabadero.*—Clavija ó pasador; éste tiene algunas veces guarnecidas las aristas, de asperezas agudas, dispuestas de un modo análogo á las barbas de una espiga de trigo. Estas últimas son de un buen empleo en las obras de madera animadas de un movimiento de trepidación, como los puentes. Las barbas impiden á las clavijas, salir de sus agujeros, lo cual suele suceder, cuando no están provistas de cuñas.

También suelen los clavos tomar su nombre, por el modo y disposición que vienen formadas sus cabezas, así: los hay de *cabeza plana,* la cual se produce con un golpe de martillo; de *cabeza redonda,* que se produce á pequeños golpes en todas direcciones, terminándola con la estampa de avellanar; los *clavos calamones* ó de *gota de sebo,* tienen la cabeza afectando la forma de una semi-esfera, ó *casquete esférico;* de pequeñas facetas que se hacen cada una de un golpe de martillo.

En los de *ala de mosca,* se bate la parte que la ha de formar, se cortan y achaflanan los extremos.

Las *cabezas cuadradas,* corresponden á los barrotes, y se hacen de cuatro golpes de martillo.



En las *agujuelas,* la cabeza queda sólo preparada, terminándola al embutirla, al objeto á que se aplica el clavo, se prepara achaflanando la parte que la ha de formar y cortándola luego.

Las *cabezas de punta de diamante* (fig. 182), se fabrican como las cuadradas, pero tienen cuatro chaflanes más.

Los *clavos bellote,* tienen la cabeza como los de *ala de mosca,* pero batida sólo en los extremos.

Los de *cabeza acopada,* ó plana por la parte superior, y en *gota de sebo* por debajo, se hacen en una *clavera emboquillada* en forma apropiada al objeto.

**215. Escarpias ó alcayatas.**—Clavo en que su barrita está acodada en ángulo recto, y cuya rama que aquí substituye á la cabeza suele tener del $^1/_5$ á la $^1/_2$ de la longitud del cuerpo. Es el que en catalán se llama *clau de ganchu,* y los hay de muchas dimensiones (Véase la fig. 183).

**216. Alfileres ó puntas de París.**—Las usan exclusivamente los carpinteros. Estas puntas, tienen sobre los clavos ordinarios, la ventaja de no rajar la madera. Sus vástagos son cilíndricos, termidando por un lado, en una extremidad cuadrangular, y por el otro con una cabeza cilíndrica.

Son de dimensiones muy varias y cada casa constructora tiene su numeración especial, para clasificarlos según sus gruesos. Así la casa Olivella de Barcelona, tiene los números comprendidos, desde el 3 al 26, el primero que constituye la agrupación de las puntas menores, éstas tienen de largo 2 líneas = 4 milímetros; y el segundo, que abraza la agrupación de las mayores, su longitud alcanza á 88 líneas = 176 milímetros; entre estas dos agrupaciones, hay pues las puntas, cuya longitud fluctúa entre 2 y 88 líneas, viniendo cada una de estas agrupaciones, designada con un número especial de fábrica (Véanse las figs. 185 y 186, que indican las dimensiones naturales de las puntas, correspondientes á los números de fábrica 15 y 25).

**217. Clavos rebatidos.**—Llámanse así los clavos viejos relabados, que suelen tener de $0^{m}$'06 á $0^{m}$'18 de longitud. En general estos clavos son de hierro muy dulce, su punta es delgada, lo que les hace susceptibles de penetrar en la madera blanda, sin rebajarla; además cuestan menos que los clavos nuevos de igual calidad, y sujetan mejor, por la herrumbre que tienen, razón por la cual se les prefiere.

En cuanto á los alfileres ó puntas de París, de pequeñas

dimensiones su empleo, como se comprende en obras menudas, hechas con madera blanda, como el álamo y el pino, porque si se usaran en maderas duras, como la encina y en particular el haya, se rajarían, pues que se les da poco grueso; por esto se clavan generalmente en puntas,

También hay clavos especiales, como son los de *taquilla*, que se fabrican con dos chaflanes; de *pico de pichón*, de *albarda*, de *gatillo*, *Tachuelas*, de diferentes clases para los tapiceros y guarnicioneros, *estaquillas*, para los albañiles y *cebiones* ó *avellanados* para la carretería (1).

---

(1) *Nomenclatura catalana, para la clavetería* —La nomenclatura catalana, para los clavos, tal como hoy día se usa en Barcelona, es la siguiente:

*Duples.*—Tienen una longitud de 120 milímetros poco más ó menos, por un grueso de 6 milímetros en la parte superior de la varilla. Se emplea para enlatar y para las puertas de regulares dimensiones, como son por ejemplo, las de calle, ó entradas de edificio. Su coste es de 3 pesetas el 100

*Dinal y mitx.*—Su longitud 100 milímetros aproximadamente por un grueso de 6 milímetros en la parte superior de la varilla. Se emplea para puertas y sus marcos. Su precio 2'5 pesetas el 100.

*Dinal.*—Su longitud unos 75 milímetros; por un grueso de 5 milímetros en la parte superior de la varilla. Cuando la madera está algo trabajada ó carcomida, el uso de tornillos, la malograrían y entonces es más ventajoso emplear estos clavos. Se emplean también para fijar las bisagras. Su precio es de 1 peseta el 100.

*Marranchons grosus.*—Su longitud es de 40 milímetros poco más ó menos, por un grueso de 4 milímetros en la parte superior de la varilla. Se emplea en los mismos casos que el anterior, pero siendo más reducidas las dimensiones del objeto que hay que clavar. Su precio es de 0'75 peseta por cada 100.

*Marranchons petits.*—Su longitud 20 milímetros poco más ó menos, su grueso 3 milímetros, en la parte superior de la varilla. Se emplea para fijar objetos muy pequeños y ligeros, como por ejemplo, las telas en los marcos de los cuadros... etc. Su precio es de 0'60 peseta al 100.

*Anchaflanats* —Son aquellos en que el vástago al forjarle se le achaflanan las aristas, al objeto de que, quede afectando aproximadamente, la forma cónica y los hay de varios números y son:

| | Longitud | Grueso | | Precio |
|---|---|---|---|---|
| N.º 1 | 0'090 | 0'008 | en la parte superior del vástago. (Se emplea para grandes visagras). . . . . . | 8 ptas. el 100 |
| N.º 2 | 0'080 | 0'006 | en la parte superior del vástago. . . . | 6 » 100 |
| N.º 3 | 0'060 | 0'005 | en la parte superior del vástago. . . . | 4 » 100 |
| N.º 4 | 0'050 | 0'005 | (Se emplea para balcones y rejas). . . . | 2 » 100 |
| N.º 5 | 0'035 | 0'005 | . . . . . . . . . . . . . . . | 1'5 » 100 |



218. Fabricación de clavos.—Los clavos se fabrican, en caliente, ó en frío, empleando este último procedimiento para los clavos pequeños, y según los casos se recurre al yunque ó las claveras.

Para cuando la fabricación sea en caliente, se somete al hierro al rojo blanco, se lleva luego á la clavera, que estará en disposición vertical, forzándole con el martillo á que entre en ella, en esta disposición, si la cabeza del clavo, no ha de tener una forma especial, se bate desde luego, el extremo del hierro que sale de la clavera, aguardando empero para esta operación, que el hierro se halle al rojo obscuro; mas si ha de tener forma determinada, se hace, con la aplicación de la estampa.

Por lo regular se obtiene el clavo, sin punta, y hay que sacársela, y á este fin, se enrojece de nuevo y voltea con el yunque, su extremo hasta obtenerla.

Mas con el fin de aprovechar el tiempo, conviene tener muchas barras al fuego, y así cunde más la fabricación.

También se forjan los clavos sobre el mismo yunque, empezando por formarles la punta, estirarlos y cortarlos, llevándolos luego á la clavera del yunque para formar la cabeza.

En el caso que los clavos sean formados por alambre, entonces se hacen en frío, cortando aquél en manojos con las cizallas, en las que se fija á una distancia, poco mayor que la longitud del clavo, una plancha vertical, sobre la que se apoyan los alambres al cortarse, para que salgan todos de igual longitud. Por manojos también se les saca la punta en un asperón ó piedra de afilar, ó mejor en una rueda de acero de la forma del mollejón, labrada en lima por su canto, lo que constituye la lima rotatoria, que lleva delante á la altura de la cara un vidrio para que, las virutas que saltan, no lastimen al operario; la cabeza del clavo se hará, con un golpe de martillo en frío, con *estampa* ó sin ella, según sean los casos.

Los clavos cortados se obtienen del palastro, que se parte en tiras de un ancho, igual á la longitud del clavo, y en dirección normal al nervio del hierro; se cortan después estas tiras, con cuñas, con la cabeza á uno y á otro lado alternativamente, se afila la punta y se hace la cabeza, se encierra en un tonel con grava y asperón molido y se revuelve la masa para suavizarlos algo. La punta de estos clavos en for-

ma de corte, los hace preferibles muchas veces, porque no rajan la madera; se fabrican en frío.

219. Fabricación de alcayatas.—Las *alcayatas*, se hacen en dos caldas, batiendo en la primera el clavo sobre el yunque, se dá la segunda calda, se dobla la cabeza, sacando, ó nó, según convenga, un pequeño ángulo que corresponde á la parte inferior de la cabeza, se bate ésta, se le hace punta, ó mejor se la achaflana ó redondea, escuadrando su extremo. Lo mismo se hace una *grapa*, á diferencia de dar dos dobleces en la bigornia. Se usan también de forma cilíndrica (fig. 187), y del mismo hierro que el de las puntas de París.

220. Clavos antiguos.—En la antigüedad griega y romana, eran usados los clavos, como á objeto de decoración, construyéndolos de bronce; regularmente aplicados en las puertas de gran importancia. Mas si nos remontamos á los primeros albores del arte de la construcción, vemos que ya se usaban en aquellas lejanas épocas trozos en forma de barritas metálicas armadas de puntas, en una de sus extremidades y con ó sin cabeza en la otra. Pausanias en su obra de Grecia, cap. 16, párrafo 5, ya nos dice que en la bóveda que cubría la sala subterránea de Micenas; con destino según se supone al tesoro de Atreo (1000 años a. de J.-C.) estaban fijados una serie de clavos de bronce, todos insiguiendo la dirección de las hiladas, con suma regularidad, cuales, servían para sujetar láminas ó planchas de bronce, que constituían como un forro del intradós de dicha bóveda; éste es el motivo que hizo, que algunos poetas, llamaran á esta estancia *cámara del bronce* (Horacio), asentando que no solamente era destinada para guardar tesoros, sino que también, prisioneros, uno de los cuales, fué la célebre *Danae*.

Smith, que hizo el análisis de estos clavos, dice encontrar en su composición 88 partes de cobre y 12 de estaño.

En el año de 1836, fué descubierta en *Cere*, famosa ciudad etrusca, una tumba, en la cual se supone que nadie había entrado desde que fué cerrada, encontrándose en los muros, una porción de clavos, de igual clase, que los mentados del tesoro de Atreo, prendiendo de ellos preciosos ornamentos de oro y plata, que habían pertenecido á las personas allí sepultas, conforme á las prácticas de aquellos tiempos, en que los cadáveres se enterraban, junto con los objetos de más valor que les habían pertenecido en vida.

Mas fijándonos en el Panteón de Roma, encontramos allí,



la puerta principal del edificio, casi intacta y tal como la dejaran sus constructores; quizás el único detalle en su género que de la esplendente época romana haya llegado hasta nosotros y en su mismo sitio, junto con todos sus accesorios Allí se ostentan los célebres *bulæ* (clavos) de bronce, cuales combinados con las sencillas líneas de molduras, forman la sola decoración que entra en dicha puerta.

Los hay de varios dibujos, pero todos, de un perfil, movido, elegante, ornamentados con delicado dibujo, ya acanaladuras anulares los dividen en distintas zonas, dentro de las cuales campean contornos acorazonados, entrelazos, perlas... etc., que indican la mejor época de la arquitectura romana. En la fig. 188, se ostenta un ejemplar de estos bellísimos modelos y correcto de dibujo en detalles de metalistería. Consignemos de paso que el *Panteón*, es uno de los edificios romanos, en donde el bronce, entra con más profusión. El interior de la techumbre del pórtico, la gran bóveda, con sus casetones y lucernario, estaban decorados con planchas, molduras y ornamentos de aquel metal; y según Plinio refiere, prestaban también decoración en el interior del edificio las cariátides de bronce, debidas al escultor griego Diógenes, así como también, capiteles del mismo metal prócededtes de Siracusa.

En Grecia los vemos también empleados como objeto de decoración; no hay más que fijarnos como á uno de tantos ejemplos, la tan celebrada puerta jónica del Erecteo, aquí los clavos constituyen el botón de elegantes rosetones, colocados con orden á lo largo de las jambas y dintel de la abertura, todos ellos iban dorados, alojándose en tacos de madera de cedro, de forma cilíndrica.

La costumbre de ornamentar con clavos las puertas principales, tuvo gran práctica en la Edad Media, y ello era aun más racional, que tal como lo hacían en los tiempos más anteriores; en efecto, en la Edad Media, se ornamentaban las hojas de la puerta con caprichosos herrajes, cuales era necesario fijar de un modo seguro é invariable; no se conocían entonces las tuercas y tornillos, ni las cabezas de roblones, y así el clavo les sustituía perfectamente. Las formas y dibujos con que aparecen, son muchas y en extremo variadas, ya aparentan envoltorios semiesféricos, cual si fueran granos de una flor, como en la fig. 189, ejemplar del siglo XII, sacado de la puerta de la capilla de San Wenceslao de

Praga; ya también imitando pistilos, como en la fig. 190, ejemplar del siglo XIII, oriundo de la Catedral de Laon; otras veces su dibujo forma un cuerpo de facetas, distribuídas como las de un diamante y éstas combinadas de mil maneras; otras se presentan en forma cónica, sí ó nó truncada; otras imitando caprichosas flores, etc., etc., todos trabajos de forja nunca lo bastante ponderados como se merecen, por lo atildado, limpio y bien terminado.

Más tarde, de que el clavo ajustara perfectamente con el paramento de la puerta, y no malograra la madera, al golpearle, para hacerle entrar en su aloje, se introdujeron unas piezas en forma de rodelas, intermedias entre el clavo y la madera, estas piezas eran de hierro batido, pero ligeramente modelado y colocando su parte cóncava hacia la madera, para que así obrando, como á suerte de resorte, permitiera ajustar exactamente la cabeza del clavo con la plancha de la rodela, y de una manera análoga, como haríamos hoy con las rodelas inmediatas á las tuercas de un clavo, fileteado de tornillo.

A partir del siglo XV, complicáronse, si cabe, esta clase de ornamentaciones, apareciendo dos rodelas que cercaban el collarino del clavo. Estas rodelas sobrepuestas, lo eran de tal modo, que sus dibujos regularmente estaban formados é inscritos dentro de figuras geométricas regulares, como por ejemplo, en el interior de un cuadrado, un triángulo, etc., etcétera; así en la fig. 191, las rodelas están inscritas en un triángulo equilátero, pero de tal modo que los vértices del triángulo de una de ellas, corresponde á la mitad de los lados del triángulo de la otra; las hojas han sido objeto de especial cuidado del herrero, cuales, después de ligeramente batidas, se han retocado con el cincel; la cabeza del clavo que representa una flor entreabierta, está trabajada en caliente, modelando las profundidades del núcleo central, con las hojas, acudiendo también al buril para el retoque del trabajo.

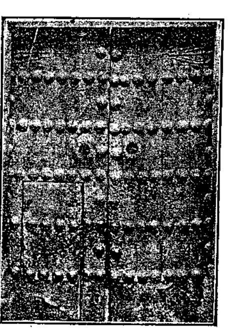


Fig. J″

En España, tenemos riquísimos y notables ejemplos, de toda clase de clavos, para ornamentación de puertas de entrada á los templos y casas señoriales.



Las figs. J′, K″ muestran dos ejemplos de clavos. Chatones (1) los primeros tienen terminada su cabeza por una suerte de casquete esférico, los segundos su cabeza está cortada según un dibujo de estrella, ambos modelos son provenientes de puertas existentes en Toledo, ambas del siglo XVI; la de la fig. J″ pertenece al convento de San Antonio; y la de la fig. K″ es correspondiente á la puerta de la casa señorial de la familia Alegre.

Riquísima colección se podría formar con el sinnúmero de ejemplares de los clavos, que ostentan en sus puertas varias, los edificios de la misma Toledo, y entre ellos, damos ejemplares de los más característicos, los que representan las figuras 192, 193, 194 y 195, y entre ellos los hay bullonados, calados, con roeles, claveras estriadas con una ó varias piezas, obras de especial mérito, debidas á distinguidos maestros en el arte, como lo fueron entre ellos Cristobal Audino, tan celebrado dentro de su época.

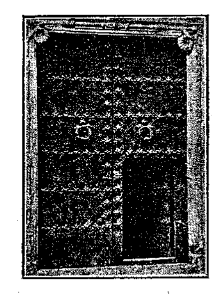


Fig K″

**221. Pernos.** — Llámase *perno* (fig. 200) á un vástago ó varilla de hierro, cilíndrica ó prismática, terminada en uno de sus extremos por una cabeza A, mientras que por el extremo opuesto termina en un filete de tornillo, trabajado en un trecho, ajustándose luego con otra cabeza B trabajada en tuerca (invisible), la cual interesa en su ajuste al mencionado trecho aterrajado.

Los simples *tornillos*, se diferencían de los *pernos*, en que carecen de la pieza terminal B, que lleva la *Tuerca*, y además en que su cabeza, puede ó no, ajustarse al tope, con la cara de la pieza en donde penetra, mientras que en los *pernos* toda su alma ó varilla queda internada en las piezas que sujeta, quedando así al tope, con las caras opuestas de las mismas, las cabezas extremas tanto la fija como la invi-

(1) Se llama así el clavo, á manera de botón chato, que antes se solía usar como adorno, y servía comúnmente para enlazar las piezas de las armaduras guerreras y darlas más consistencia. Por analogía, se dió también á estos clavos chatos que se dispusieron en las puertas, para afianzar mejor, los tableros de que aquellas estaban formadas.

sible; así las figs. 196, 197, 198 quedan clasificados como á simples tornillos. Además, hay también una propiedad característica que los distingue, consistiendo, en que el simple tornillo tiene por lo regular el alma cónica, mientras que el *perno* la tiene siempre cilíndrica ó también prismática, en el trecho no fileteado.

Las cabezas con que termina el *tornillo* puede tener formas diversas, así en la fig. 196, es un cono truncado ó invertido, en la fig. 197 un casquete esférico, en la fig. 198 una superficie tórica como formando *anillo* y en la fig. 199 afecta la forma de escuadra, siendo en esta disposición la que se conoce con el nombre de *escarpia fileteada.*

Regularmente sobre las cabezas de los tornillos de la clase de las figs. 196 y 197, se disponen unas ranuras, que facilitan el trabajo, que hay que desarrollar, al internar el alma, en el cuerpo de que se trate, toda vez que con dichos surcos se introducen las llaves *Torna vis,* cuales permiten imprimir al tornillo el movimiento de giro, por el cual se efectúa, el ingreso, sepultándole finalmente en el cuerpo. En el tornillo de *anilla,* fig. 198, es precisamente el hueco del anulo, el que permite que se introduzca, un brazo de palanca, para realizar el movimiento.

Los diámetros exteriores de la cabeza y de la tuerca, deben ser siempre doble del diámetro de la parte maciza del trozo aterrajado.

El perfil del filete de la rosca es un triángulo equilátero, al que á veces se le redondea en las aristas. La cabeza debe ser forjada por remache sobre la misma varilla de que se construye el perno, y ya hemos indicado, que recibe distintas formas, según el uso á que se destina: generalmente es cuadrada, como en la fig. 202, así como es exagonal, como en la fig. 200, en el caso que deba operar con resistencia al giro al apretar la tuerca. También es redonda y semiesférica cuando ha de quedar expuesta al exterior.

La caña ó vástago ya se ha indicado también que es generalmente cilíndrico, ó sigue la forma de los agujeros porque ha de atravesar. Algunas veces suele tener sección cuadrada ó rectangular, ya con objeto de que no pueda girar al apretar la tuerca, ya también para obtener mayor resistencia á la flexión, cuando está colocada la pieza ó barilla sobre la cual se practica el perno.

Véase la tabla adjunta que proporciona las dimensiones



que debe tener un perno en sus diferentes partes, según el peso que deba soportar.

| Carga que puede soportar — Kilogramos | Diámetro del macizo del tornillo — Milímetros | Diámetro del exágono circunscrito á la tuerca — Milímetros | Distancia entre los filetes — Milímetros |
|---|---|---|---|
| 18915 | 100 | 180 | 6 |
| 17305 | 96 | 173 | 6 |
| 15679 | 92 | 166 | 6 |
| 12763 | 84 | 152 | 6 |
| 10139 | 76 | 138 | 6 |
| 8285 | 68 | 124 | 5 |
| 6200 | 60 | 110 | 5 |
| 4417 | 52 | 96 | 5 |
| 3225 | 44 | 82 | 4 |
| 2562 | 40 | 75 | 4 |
| 1472 | 32 | 61 | 4 |
| 1130 | 28 | 54 | 3'5 |
| 832 | 24 | 47 | 3 |
| 573 | 20 | 40 | 2'5 |
| 368 | 16 | 32 | 2 |
| 208 | 12 | 27 | 1'5 |
| 90 | 8 | 19 | 1 |

A veces, se construyen pernos como el de la fig. 205 para las ensambladuras de las maderas: la cabeza es redonda, y la caña cuadrada en un trecho inmediato á la cabeza, mientras que en el resto es cilíndrica; las aristas de la parte cuadrada se engastan lo suficiente en la madera, para fijar el perno en una posición; otras veces la cabeza suele llevar una pequeña tetilla saliente, que produce el mismo resultado.

La tuerca está taladrada generalmente en un prisma de hierro de 4 ó 6 caras, y se la vuelve con una llave como las indicadas en el párrafo 198.

Cuando la presión ó esfuerzo que se ha de ejercer es pequeño, y basta la mano para aplicarla, entonces se emplea la tuerca de oreja como la dibujada en la fig. 204.

Con el fin de evitar salientes y resaltos en las caras ó superficies expuestas al exterior, se embuten las tuercas y cabezas en cavidades cilíndricas, y se aprietan con llaves que llevan dos puntas ó tetones, cuales entran en dos agujeros practicados en la cabeza ó tuerca, ó bien aquélla, lleva una

ranura como en las figs. 196 y 197, en cuya entra el filo del destornillador.

Con objeto de impedir á las tuercas que se aflojen, se ponen á veces, unas contratuercas ó segundas tuercas (fig. 206) la cual se opone al movimiento de la primera, oprimiendo fuertemente á los filetes del tornillo, contra los de la tuerca primera.

En el caso en que el perno deba soportar un esfuerzo de tensión, se puede calcular, el diámetro del macizo de la parte fileteada, tomando por unidad el milímetro, para las medidas lineales y el kilogramo para los pesos; por medio de la fórmula empírica $d = 0{'}65 \sqrt{P}$; (1) en la que $d$, representa el diámetro, y P, el peso ó esfuerzo que deba soportar.

En esta ecuación, se supone, que el hierro sostiene una carga permanente de 3 kilogramos por milímetro cuadrado de sección, que es la mitad de la carga ordinariamente admitida; el saliente de los filetes se hace igual al décimo del diámetro, mientras que el ancho de la tuerca y el diámetro de la barra antes de aterrajar, deberá ser igual al diámetro multiplicado por 1'20.

De aquí, que la longitud de los pernos, se determina por el espesor de las piezas que hay que reunir, mientras que su grosor dependerá del esfuerzo que se quiera ejercer.

Las condiciones principales que se exigen para un buen perno, pueden concretarse á las siguientes:

1.ª Su hierro ha de ser de la mejor calidad, dentro del conocido como el más fuerte, siendo indispensable engrasarlos ó pintarlos antes de su colocación, para evitar así que en ellos se deposite la herrumbre ú orín. Deben también engrasarse las partes fileteadas y las tuercas, á fin de poder ponerlas y quitarlas con facilidad. Siempre se interpone, entre la madera y la plancheta ó la tuerca; por lo menos una rodaja de fuerte palastro, á fin de preservar á la madera de los desgarros que se producirían al apretar estos pernos; y aun en el caso de ejercer una gran presión por medio de las tuercas, es preciso poner muchas rodajas para suavizar el movimiento de rotación, porque el frotamiento se debilita, repartiéndose entre las superficies de todas las rodajas.

(1) Sea $P$ el esfuerzo de tracción, $d$ el diámetro del perno, entonces entre estas dos cantidades se tendrá la relación $\frac{\pi d^2}{4} \times 3K = P$, ó bien, $d = 0{'}65 \sqrt{P}$.



2.ª Las cabezas han de estar bien robladas, sobre los vástagos, ó que estén bien soldadas, desechando aquellos pernos, cuyas cabezas estén simplemente remachadas.

3.ª Los filetes, han de estar bien labrados en frío con buenas hileras.

4.ª La tuerca ha de estar perforada en frío, y no agujereada en caliente, como suelen hacer los cerrajeros, y que esté taladrada con el mismo cuidado que el perno, que no ofrezca ningún deterioro; que su base sea perpendicular á su eje, para que cuando obre, no encorve el perno tirándolo de través.

5.ª Que el perfil, del filete de la tuerca, y el del filete de tornillo, como también los diámetros y los pasos de uno y otro, sean iguales, con objeto, de que todos los filetes entrados en la tuerca, carguen al mismo tiempo, y hagan el mismo esfuerzo.

En general la salida de los filetes de un perno sobre su vástago debe ser el décimo del diámetro de éste, ó el dozavo del diámetro total del perno. Se dá al paso un quinto ó un sexto del vástago, ó bien un sexto ó un séptimo del diámetro del perno.

6.ª El diámetro exterior de una tuerca, debe ser el duplo del diámetro, del cuerpo del perno.

7.ª Las tuercas deben tener bastante espesor, para comprender cinco ó seis filetes, y aun más, si están destinadas á ejercer una gran presión (1).

Existen también pernos sin cabeza (fig. 203), pero fileteados por sus extremos, á cuales tornillos se aplican, las tuercas que llevan las piezas que substituyen á la cabeza. Esta clase de pernos, está indicada en múltiples aplicaciones, entre ellas, para aproximar dos piezas separadas.

Ya antes del siglo XVII, se usaban los pernos, mas aquellos no llevaban tornillo y á éste lo suplía una clavija pasante, á través del extremo opuesto á la cabeza (fig. 207) pero se comprende, que el tal procedimiento no puede producir, las ventajas de los tornillos actuales.

**222. Roblones.**—El roblón (fig. 184), viene á ser un per-

(1) El diámetro de la parte fileteada, es lo que sirve para distinguir unos pernos de otros; así se llaman pernos de 15, 30 y 50 milímetros, según que su diámetro sea de alguna de estas dimensiones.

no de poca altura, el cual se emplea, para enlazar, planchas de hierro delgadas ó sean los palastros; sin embargo se diferencian algún tanto del perno, en que si bien lleva como éste su cabeza A, practicada en un extremo; se dispone en el vástago cilíndrico generalmente caldeado al rojo, en los agujeros previamente practicados en las dos chapas, superpuestas que se tratan de enlazar: Colocado ya en ellos, se remacha por su extremo B opuesto á la cabeza, forjándole así una segunda cabeza opuesta á la primera; ahora entre las dos cabezas sujetan sólidamente formando cuerpo con su vástago, á las planchas ó chapas que se trata de enlazar.

La fig. 226 muestra tres láminas de hierro superpuestas, enlazadas por medio de roblones. El roblón A, se aloja en el agujero convenientemente calibrado que perfora las tres piezas, y que de antemano, se habrá preparado, y en este estado y suponiendo, el alma del roblón lo suficiente caldeada, sobre todo en su extremo B, no habrá más que batir sobre dicho extremo, hasta que una vez aplastado de modo que adquiera la forma de la segunda cabeza, ésta vendrá á tomar la disposición del dibujado en B. El enfriamiento producirá una contracción, la cual contribuirá más y más, á hacer más íntima la unión de las planchas de hierro ó palastro, aumentando la compresión con el más íntimo contacto.

El roblón ya ultimado, consta de tres partes que son: 1.ª La *cabeza* A. 2.ª La *caña, fuste, vástago* ó *pierna* C y 3.ª La *robladura* B, ó sea la segunda cabeza formada por el batido ó con la estampa.

En general los roblones son de hierro, sin embargo, su frecuente uso no excluye el caso particular en que algunas veces se construyan de cobre.

El hierro escogido para la fabricación de los roblones, ha de ser de la mejor calidad, perfectamente forjado, y de grano fino, también se construyen de acero *Bessemer* ó *Martín*, de la clase más dulce.

El roblonado se efectúa siempre en caliente, siendo una excepción cuando se lleva á cabo en frío, y es cuando, los trabajos se han de hacer en muy pequeña escala, por resultar muy reducidos los gruesos de las láminas de hierro que hay que enlazar (3 ó 4 milímetros). Todo lo más, puede emplearse el roblonado en frío, para pequeños roblones, que alcancen hasta 12 ó 14 milímetros de diámetro.

Los roblones, se caldean y colocan al rojo claro, y la ro-



bladura precisa hacerla, en el preciso momento en que la calda empieza á ennegrecer.

La fabricación de los roblones, antes de su robladura, y tal como se tienen á mano, al emplearlos para el enlace de las piezas de hierro, es muy sencilla y análoga á la de un simple clavo, únicamente que en éste, es el martillo y el brazo del herrero, el que forma instantáneamente la cabeza, y en el roblón, esta primera cabeza queda formada por el golpe súbito, que recibe de la estampa, movida mecánicamente.

Veamos brevemente esta fabricación. Se tienen dos bloques ó masas de acero A y B (fig. 227), el primero llamado el *lecho*; se encuentra perforado por un agujero, cuyo eje se confunde con el del bloque; el diámetro de semejante cilindro hueco, es igual, al que haya de tener el vástago del roblón que se desea fabricar. El segundo bloque B, llamado *sobrelecho*, tiene practicado en su centro, una cavidad, cuyo contorno y forma es igual (pero invertida en su curvatura), á la de la cabeza del roblón. Así las cosas, cojamos un trozo de hierro en varilla, cuyo diámetro sea igual, al del vástago del roblón, y su longitud, igual á la suma de los espesores de las piezas que hay que atravesar para el enlace; mas la cantidad necesaria, para la altura de las dos cabezas (tres veces el diámetro poco más ó menos). Caliéntese luego al rojo una de las extremidades de semejante varilla cilíndrica, introduciéndola inmediatamente en semejante estado, en el agujero practicado en el bloque A, y haciendo, que la parte caldeada, sobresalga en *c*, de la parte superior del lecho, manteniéndose en esta posición, con el auxilio de un *falso vástago calibrador* d, que lo sostiene en el justo límite que necesita, para el cuello ó garganta *c* que sobresale, y que ahora servirá para formar la cabeza primera del roblón. A este efecto, el bloque B, se le pende verticalmente, de modo que la proyección de su centro ó eje, sobre el lecho, coincida con la de éste, y entonces haciendo descender vivamente el bloque B, sobre el A, chocará sobre la parte enrojecida *c*, la cual amoldándose en el aplastamiento, en la cavidad de B, se repartirá en ella su masa, adquiriendo la forma que aquélla lleva, y así se habrá formado la primera cabeza del roblón. Conviene advertir ahora que el *falso calibrador* d, está sostenido á su vez, por una báscula que el obrero pone en movimiento con el pie; y así, una vez fabricada la cabeza conforme se ha indicado, un movimiento fuerte y certero, del pie contra la báscu-

la, para levantar verticalmente el *falso calibrador*, y éste empujando hacia arriba y de momento al vástago del roblón, expelerá á éste de su aloje, haciéndole saltar fuera del bloque, dejando así el agujero en disposición, de recibir otra varilla, para fabricar otro roblón, en las mismas circunstancias que el anterior, y así sucesivamente los demás, que vayan fabricándose.

En cuanto al bloque móvil B, suele estar sostenido, por un tornillo que se aloja en una tuerca en aquél practicada; el movimiento brusco de descenso se comunica ahora al tornillo, por medio de una máquina de balancín, ú otra apropósito para este caso.

Se comprende ahora, que si en lugar de un roblón se tratase de hacer la cabeza de un perno, la operación sería igual con sólo la particularidad que el tamaño de la varilla y de su cabeza, serían mayores, y al mismo tiempo que habría de trabajarse el tornillo hacia la parte inferior de dicho vástago; operación de que ya nos hemos ocupado, en su lugar correspondiente.

En el caso especial en que se quiera que la primera cabeza del roblón, tenga la forma cónica invertida, para ir embutida, entonces fig. 227', el lecho A, lleva consigo la cavidad *c*, dentro la cual, ha de tomar su forma la cabeza, procediendo con las mismas operaciones que en el caso anterior, con la distinción tan sólo, que el bloque de sobrelecho B, es completamente macizo, y cae de lleno, sobre lo saliente de la varilla caldeada, la cual aplastándose su materia, vá á ocupar el recinto *c* y adquirir su forma.

Teniendo así á mano y en esta disposición, los roblones, queda no más la operación de roblonarlos, sobre las piezas que hay que juntar; á este efecto se calienta el roblón al rojo, se introduce en los agujeros de las hojas que hay que unir, martillando ligeramente la única cabeza que tiene formada; se coloca un ayudante por el lado de esta cabeza, á la que aplica con fuerza un martillo, y el maestro con una estampa aplicada por el otro lado, sobre la parte saliente del roblón, forma la segunda cabeza que se bate de nuevo, después de retirar la estampa; si no han de quedar salientes las cabezas, se avellanan hacia el interior los agujeros, y por la acción de los martillos, toman las cabezas la forma del avellanado, pudiendo emplear la chasa para hacer la segunda cabeza y terminada, con un corta fríos cincel, se corta la parte saliente y se aplana de nuevo la cabeza con la chasa.



223. Roblonado mecánico. Remachadoras.—El roblonado tal como lo acabamos de exponer, esto es el sistema llamado *á mano*, ó sea á *fuerza y brazo* del herrero, tiene algunas dificultades, dignas por cierto de tener en cuenta, por la trascendencia que llevan en no conducir tamaña importante operación, con la exactitud necesaria.

Pasemos en revista semejantes inconvenientes, pues ellos nos llevarán al convencimiento, de lo imprescindible que es el empleo del sistema mecánico, cuando se trate de trabajos, de por sí de mucha duración y de notoria importancia.

1.° El Roblonado á la *mano*, resulta muy *caro*, por la lentitud *relativa* de los trabajos, lentitud que se acentúa más y más, cuando se trata de roblones, en ciertos sitios de por sí, difíciles de trabajar (rincones, ángulos, etc., etc.), en los cuales hay alguna impedimenta, en el manejo directo del martillo y de la estampa. No está tampoco, exento de inconvenientes, cuando los roblones hay de fijarlos, en planchas verticales.

2.° *Malogro de la operación* por un cierto accidente, muy fácil de ocurrir. En efecto, recordemos, que el trabajador carga todo su peso, por medio de su pie, sobre la palanca que sostiene, el *falso calibrador*, cuyo, apoya al vástago del *roblón*, habiéndole de mantener fijo, hasta concluir la operación, ahora bien, á pesar de la fuerza y buena voluntad del obrero *sirviente*, éste no puede resistir, algunas veces, el embate de los golpes de martillo que el herrero descarga potentemente, sobre la cabeza saliente del roblón, sucediendo con ello, que éste experimenta un cierto movimiento, por no estar debidamente sostenido, siendo causa, que el martillo no descargue cual conviniera, sobre lo saliente del vástago, dando por resultado, la formación de un roblado altamente defectuoso fig. L'', pues la parte plana de su cabeza, adquirirá, ciertas sinuosidades, cuales impedirán apretar á las piezas que hay que enlazar, y no teniendo ellas el debido frotamiento y contacto (pues existirán así elementos que estarán en contacto y otros nó), el enlace será defectuoso, trabajando el roblón, así como los contactos de las piezas, por resbalamiento y con ello podría producirse *desgarro*.

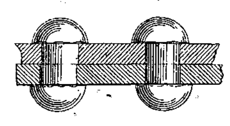


Fig. L''

3.° *Defecto de ocupación.*—Conviene que el roblón, no

sufra un enfriamiento demasiado súbito, pues si esto aconteciera, el cuello que sobresale al lecho, no tendría su materia, lo suficiente blanda, para admitir la forma de la cabeza del roblón; por esta causa, se hace preciso, que una vez el roblón haya recibido la calda, pueda entrar, rápida y fácilmente en el agujero, que le ha de recibir, por eso, conviene, que se le caliente al rojo y con un diámetro un poco menor que el del orificio. Mas volviendo á la consideración 2.ª, los motivos allí alegados, y que han impedido, el que la cabeza del roblón no ajustara en todo su plano inferior, con las piezas que había que enlazar, contribuirán también, á que el alma ó vástago del roblón, no esté en toda su extensión en íntimo contacto, con las paredes del orificio, y de aquí que trabaje desigualmente, dando ocasión, á movimientos desiguales de las piezas que hay que enlazar, sobreviniendo resbalamientos de una contra la otra y los desgarros consiguientes.

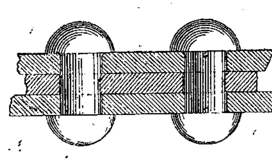


Fig. M''

4.° *Inconveniente, de colocación.*—En rigor este defecto, es consecuencia del anterior. En efecto, cuando las planchas, ó piezas, sujetas por varios roblones, están sometidas, á esfuerzos de tracción ó compresión, acontecerá que los roblones mal colocados, ocuparán desigualmente sus respectivos orificios, y el resbalamiento y desgarro que en sí lleva se repartirán entre los roblones, de modo muy diverso, esto es, unos más que otros, según fuera su colocación, conforme indica la fig. M'', cosa que afecta á la construcción, acelerando su final.

5.° *Defecto de enfriamiento.*—Habiendo de encontrarse, el alma del roblón en un continuo contacto con las piezas que hay que enlazar, éstas hacen que el roblón sufra un rápido enfriamiento; habiendo ya perdido por completo, lo rojo de su calda, cuando aun se está percutiendo sobre su cuello para la formación de la cabeza, resultando de aquí, que no encontrándose el hierro, lo suficiente blando para ir obedeciendo á los continuos choques y vibraciones del martillo, hace que se resista, concluyendo por romperse el roblón, aun también en el caso del aloje del roblón más próximo, por las frecuentes sacudidas que recibe al golpear este último.

Por todos estos motivos, se recurre al roblonado mecánico, pues con él, semejantes dificultades quedan zanjadas. Gracias á dicho sistema que permite trabajar con grandes presiones, los palastros que han de ponerse en contacto, lo hacen casi matemáticamente, quedan completamente prietos entre sí, mientras que el vástago de los pernos, ocupan invariablemente el orificio que les corresponde, juntos también lo suficiente para cortar, todo resbalamiento y desgarro, y obrando solamente el esfuerzo de compresión á todo lo largo de los hierros que se enlazan, dando con ello solaridad á todo el sistema, obrando así cual si fuera un solo cuerpo, una sola masa. En fin la colocación de los roblones, se hace con tal rapidez, que la operación queda ya terminada, antes del tiempo necesario para que tenga lugar el enfriamiento de las caldas, habiendo ya tenido lugar la percusión conveniente, cuando llegue aquel enfriamiento. No hay para qué decir que así obrando, se aumenta de un modo muy notable, el número de roblones colocados, comparación hecha, con el que se obtenía con el simple procedimiento á mano, y para ello, bastará consignar que con éste, se consigue tan sólo la colocación de 300 roblones por jornada de diez horas, mientras que empleando los medios mecánicos, aquella cifra se eleva hasta el número de 1,800, produciendo con ello notoria economía de tiempo y jornales.



Son muchos los aparatos, ó máquinas que á este efecto se han construído, y como ellas tienen por objeto, remachar la cabeza del roblón por medio de fuertes presiones y percusiones, de aquí que se las conozca con el nombre de *Remachadoras*. La especialidad del motor que se emplea para las mismas, así como también la clase especial de piezas que entran en la construcción, sirven de elementos, para clasificar á cada una de ellas en particular. Así hay *remachadoras, á vapor, á excéntrica, á balancín, á palanca, hidráulicas* y *neumáticas*. No nos detendremos con ellas, pues su completa descripción, nos apartaría algún tanto de la índole de nuestro trabajo; limitándonos aquí tan sólo á hacer ligeras indicaciones que den sucinta idea del trabajo que de ellas resulta.

En primer lugar, consignaremos, que de las remachadoras á *vapor*, la más importante de ellas, es la de *Gonin*: la cual permite la colocación de 1,800 á 2,000 roblones por jornada; y tiene la particularidad, de que la contera que lleva la estampilla del roblonado, vá acompañada también de otra pie-

za, que aprieta fuertemente á los palastros ó hierros que hay que unir, antes que la estampilla deje huella en el roblón.

De las remachadoras á excéntrica, es la de *Bergue*, la que ha llamado más la atención, puede desarrollar una presión de 100,000 kilos y colocar 2,000 piezas por jornada de 10 horas.

De todos modos, tal especialidad de remachadoras, no son por cierto las que más priven, pocos talleres las emplean, pues ocupan mucho sitio, y están sujetas á frecuentes reparaciones, se prefieren según ello, remachadoras ligeras, fáciles de manejar y susceptibles de ser trasladadas de un punto á otro, y únicamente cuando se trate de objetos de gran tamaño, en donde se hayan de ejercer grandes presiones, entonces para estos casos especiales, es que se recurre á las máquinas remachadoras fijas é hidráulicas.

Una de tantas remachadoras portátiles que podemos citar es la de sistema de *balancín* con contrapeso, debida á *M. Bouhex*; está expresada en alzado en la (fig. 256, lám. 10), afecta en su forma general, la de la letra C, que constituye una especie como de armadura, en cuyos extremos superior é inferior, lleva en el primero, prendida la contera A de la estampilla del roblón, y en el segundo, la contra-contera B, la cual debe dar apoyo á la pieza con que hay que operar. La pieza A, se halla pendiente según se ha dicho, y susceptible de recibir los movimientos de ascenso ó descenso, por medio de la palanca C, puesta en movimiento con el auxilio de un potente contrapeso. La fig. 256 expresa (1) esta máquina en el momento de remachar un roblón de los que enlazan los hierros horizontales del platillo y escuadra correspondiente, en una viga de doble T. La *contera de estampilla* A, encontrándose sujeta al cuerpo general por un filete de tornillo, puédese con la mayor facilidad, hacerla girar bajándola ó subiéndola, hasta que la separación de los extremos ó puntos de A y de B, sea igual, al grueso del hierro de escuadra, aumentado del grueso del platillo superior, así calibrada esta distancia, hágase ascender la pieza A, por medio de la palanca. Se aloja en seguida el perno en su agujero, y de modo que, su primera cabeza, que ya lleva formada, se adapte en

(1) Téngase en cuenta que la fig. 256, consta de dos partes, una vista naturalmente y otra vista en sección, siendo así objeto de dos dibujos y á los cuales se refieren, las letras de la explicación.



el hueco ó estampilla de la *contra-contera* B, la cual le sirve de apoyo; y en seguida se abandona súbitamente la palanca á la acción de su contrapeso, bajando la contera A de tal modo, que dando sobre la parte saliente del vástago, lo revuelve cual una masa, internándole en la concavidad de la estampilla y adquiriendo exactamente la forma de su casquete, y eso sucediendo con una rapidez vertiginosa. Lo mejor de este sistema, es que el efecto ó trabajo realizado por la caída del contrapeso, es aquí máximum, trasmitiendo íntegramente su efecto á la pieza A, sin que haya ninguna pérdida de fuerza, por el movimiento de descenso y de frotación, toda vez que el camino que ha tenido que recorrer la pieza A, es tan pequeño, que se aprovecha todo el esfuerzo y su presión sobre la cabeza del roblón, es enorme, asegurando por completo la firmeza del mismo. Puédense con esta remachadora colocar unos 150 roblones de 18 á 20 milímetros de diámetro por cada hora.

**224. Remachadora hidráulica.**—Como á ejemplo de esta especie, puede servir la de *M. Twedell* (fig. N''), la constituye, dos brazos de palanca, articulados, en uno de sus extremos, mientras que los otros extremos, llevan la contera y contra-contera de las estampillas, de aguante la una, y de generación la otra.

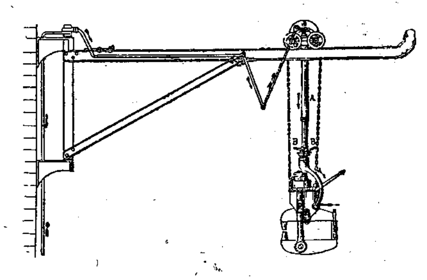


Figura N''

Este aparato, está colgado de tal modo, que puede girar libremente, en dos direcciones cuyos ejes de rotación, son respectivamente perpendiculares, y así por mucho que sea su peso, le es fácil, á un solo obrero, darle la orientación que crea más conveniente. Como se comprende, el aparato estará relacionado ó en comunicación con la tubería del agua, sometida á presión bastante, para el funcionamiento de la máquina. La dirección que llevan las flechas, indican la corriente del agua, y como ésta opera en las articulaciones de los brazos de palanca.

Cuando los trabajos, que se llevan á cabo en los grandes talleres, lo reclaman, también se construyen las remachado-

ras, con instalación fija, pero siempre en comunicación con los tubos de presión hidráulica, y con ellas, se colocan roblones de gran diámetro, y á distancias algún tanto considerables de las orillas ó bordes de las planchas que hay que unir; sirva de ejemplo la fig. O'', cuyo autor es el mismo *Twedell*. Este aparato permite distancias entre la fila de roblones y la orilla de la plancha de unos 2^m^. La presión ejercida sobre el roblón puede alcanzar hasta 80,000 kilos, lo cual corresponde á una presión de agua en los conductos de 105 kilos, por centímetro cuadrado.

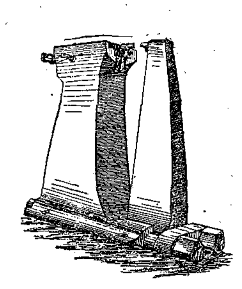


Figura O''

Se calcula que estas máquinas, permiten la colocación de 1,800 roblones por jornada de diez horas, y se comprende que así sea, pues el tiempo invertido por cada pieza, está sólo limitado, por la calda y colocación en el agujero, pues que el invertido en el remache es instantáneo.

Se achaca no más al sistema hidráulico, los inconvenientes que nacen de procurarse el agua con grandes presiones, y de ahí el empleo de máquinas de vapor ó de receptores hidráulicos, así como bombas que aspiren ó impelen al agua comprimiéndola, un acumulador que vaya reteniendo el agua así comprimida continuamente, para transmitirla luego á los aparatos de remache, cuyos adquieren vida con la intermitencia del movimiento y finalmente grandes instalaciones de tubos; todo lo cual produce grandes sumas para la instalación, así como también, un continuo arreglo de cada uno de los detalles, que la constituyen y que con frecuencia sufren alguna avería; por eso se ha hecho antes notar, que sólo puede emplearse semejante sistema, en los grandes talleres, en los que atención hecha, al gran número de importantes trabajos, que siempre hay encargados, puede atenuar y convenir algún tanto, no siendo entonces exagerado el desequilibrio que producir pudiera entre las ventajas de la producción, y el mantenimiento constante de la instalación, pues el trabajo no queda nunca interrumpido.

225. Remachadoras neumáticas. — Puede emplearse también como motor el aire comprimido, habiendo dado dicho sistema, excelentes resultados para aplicarlo al remache de



roblones; también de esta clase de máquinas se han construído muchas y variadas en estos últimos años, limitándonos aquí conocer su empleo, á dos modelos tan sólo.

1.° Remachadora *Litte Giant* (fig. 257), es sumamente expedita, ligera, y presta grande utilidad. Se compone simplemente de una armadura A, en forma de una letra U, la cual lleva fijo en uno de los extremos de un brazo, uno como martillo B, mientras que en la extremidad opuesta, hay establecido un apoyo neumático C. En la parte inferior transversal de la armadura, hay formando cuerpo con ella, un depósito D, á propósito para contener una cámara de aire E, con una válvula F, y su gatillo G; finalmente el establecimiento de bocas ú orificios necesarios, en donde han de desembocar los tubos, encargados de transmitir á los puntos B y C, el aire comprimido, concluyen todo el organismo del aparato. Su uso ahora es el siguiente: Se empieza por apretar y abrir el gatillo G, esto permite, que el aire comprimido, que viene conducido por el tubo H, ingrese en seguida en la cámara E, y de ella se dirige inmediatamente hacia al martillo ó pistón B y al otro pistón de apoyo C; en virtud de semejante operación, entra en sus funciones el apoyo neumático C, asegurando el roblón en su lugar, mientras que el operario, pone en marcha al pistón ó martillo A, con el auxilio del gatillo I. Con este aparato, pueden remacharse en frío, roblones de 8 milímetros de diámetro, y en caliente roblones de 10 milímetros, á una distancia de 305 milímetros del borde de la plancha, y puede manejarse por un solo operario.

Sistema *Ross Western* ó *calafateador neumático*. Una de las operaciones más importantes del ramo de calderería, es el *calafateo*, ó cierre de juntas de las planchas, por cuyos intersticios podrían filtrarse los fluídos contenidos en la caldera, cuando se hallaren sometidos á determinadas presiones.



Figura P''

Sabido es que las calderas de hierro, se construyen superponiendo los bordes de dos planchas taladradas de modo que sus respectivos agujeros coincidan exactamente para pasar por ellos un clavo, que aquí es el roblón, puesto

que aplastado fuertemente por sus extremos, sujeta ambas planchas de una manera enérgica y eficaz (fig. 179, lámina 7.ª)

No obstante, como á pesar de las grandes presiones ejercidas por los roblones remachados, ó remaches, las dos superficies de las planchas no siempre coinciden en todos sus puntos, de ahí la necesidad de acudir al calafateo para obtener su cierre tan perfecto como sea posible.

Esta operación antiguamente se practicaba á mano con un escoplo y un martillo, por cuyo medio abatía hacia dentro, la arista inferior de la plancha (fig. 179) (dirección de la flecha).

En atención á que por este sistema, el trabajo resulta más penoso y á la vez muy lento respecto á las necesidades, cada día crecientes de la industria, se ideó por los industriales Ross y Western un aparato para calafatear las calderas de vapor, casco de hierro de los buques... etc., que impulsado por el aire comprimido, produce un trabajo mejor, más rápido y menos penoso para el operario.

El *calafateador neumático*, consiste en un cono B (figura 178, lám. 7.ª) donde se aloja un pistón macizo, que tiene en su parte media una ranura circular, que constituye la superficie del embolo, sobre la cual se ejerce la presión del aire comprimido y que entra por la ranura semi-circular superior, cuando por efecto de esta presión, el pistón desciende, queda al descubierto la ranura semi-circular inferior por donde escapa el aire comprimido, mientras que la superior queda cerrada y de consiguiente cortada la alimentación.

Con el fin de que el pistón vuelva á colocarse en posición adecuada para recibir un nuevo impulso, el resorte situado en la parte inferior, le empuja hacia arriba, en cuyo momento cierra el *paso de escape* ó de descarga y abre el paso de alimentación, con lo cual, se repite el primer movimiento con tal rapidez, que llega á dar hasta 15,000 golpes por minuto, siendo el ruido que produce una vibración, al parecer, continuada. El curso del pistón es de 3 á 5 milímetros según sea el grueso de la plancha.

La presión del aire varía entre 2'5 á 7 atmósferas, según se trate de hierro dulce ó de acero.

Para el manejo del aparato, tiene en su parte superior la forma curvada de una muleta, lo que permite que el operario se apoye firmemente en él. En el extremo del mango se empalma con la boca E, el tubo flexible, para la conducción del



aire comprimido, cuyo escape ó descarga se efectúa por una abertura superior ya indicada en la fig. 178.

Para hacer funcionar el aparato, al operario le basta oprimir el botón F, el cual mueve una palanca que actúa sobre la llave de admisión.

Con este nuevo instrumento se consigue calafatear un metro de plancha por minuto, requiriéndose para ello operarios robustos y muy diestros en esta clase de trabajos. (Véase la fig. P'' que representa á un operario, en el mismo acto de usar el remachador neumático en el calafateo de una caldera.

**226. Formas del roblón.**—Son variadas las formas con que terminan las cabezas del roblón y las del roblonado, cuales pueden reasumirse en los tipos que muestra la fig. 252, en donde el roblón aprisiona dos planchas de hierro P y P', esta última, está en contacto con las cabezas propiamente dichas, mientras que en la P, obran los roblonados ó robladuras, así: el *a* es de cabeza y robladura *esférica;* el *b* es de cabeza *cilíndrica* y robladura *cónica*; el *c*, es de cabeza *cilíndrica* y robladura *esférica*; el *d*, es de cabeza *esférica* y robladura en *gota de sebo*; el *e*, es de cabeza *esférica* y roblonado de *gola*, á propósito para ser embebido todo él en la pieza P, no dejando ningún saliente; el *f*, es de cabeza de *cono truncado* y robladura *cónica*; el *g*, es de cabeza *esférica* y robladura *cónica* y finalmente el *h*, es de cabeza y robladura *engolada* viniendo una vez colocada la pieza, toda embebida dentro el grueso de los dos hierros P y P'.

Otras veces, para aumentar la solidez de los roblones, se les añade, entre las cabezas y el vástago, una suerte de collarino, el cual como gola ó cuello de la pieza, va inmergida, dentro el grueso de las piezas que enlaza. En este caso, se suele dar á la altura de este collarino como á $^1/_8$ del diámetro del roblón.

Por ahora, nos bastan, los datos que preceden para hacernos completo cargo de la disposición y forma de los roblones, que generalmente se usan en las construcciones, reservando para más adelante, cuando tratemos del enlace, esto es ensamble y empalme de piezas de hierro, el ampliar estos conocimientos, exponiendo la perforación de los palastros señalamiento de los puntos centros del roblonado, distancias entre ellos, resistencia, dimensiones de sus partes... etc , etc.

**227. Hierros de hendería.**—Según sus formas y dimensiones se dividen en las siguientes clases:

1.ª *Cuadrados.*—Barras de hierro, cuya sección es un cuadrado, cuyo lado fluctúa de 29 á 68 milímetros, marca gruesa y 23 á 27 milímetros, marca pequeña.

2.ª *Cuadradillos*—Barras de hierro cuya sección es un cuadrado, cuyo lado no excede de dos centímetros (8 ó 20 milímetros.

3.ª *Palanquillas.*—Barras de sección cuadrada, cuyo lado alcanza de 20 á 40 milímetros.

4.ª *Torchos.*—Barras de sección cuadrada, cuyo lado del cuadrado fluctúa de 68 á 108 milímetros.

5.ª *Torchuelos.*—Barras de sección cuadrada, cuyo lado del cuadrado fluctúa de 44 á 61 milímetros.

6.ª *Carretil.*—Barras de sección rectangular cuyos lados son 87 milímetros de base y 17 de altura.

7.ª *Mariscal.*—Barra de sección rectangular cuyos lados del rectángulo son de 36 á 41 milímetros de base, por 16 á 18 de altura.

8.ª *Llantas.*—Barra de sección rectangular, cuyos lados del rectángulo tienen de 52 á 69 milímetros de base, por 17 de altura.

9.ª *Llantillas.*—Barras de sección rectangular, cuyos lados del rectángulo tienen de 29 á 34 milímetros de base, por 6 ó 7 de altura. También las llantillas se conocen por *fajas.*

10 *Flejes* (del latin *flexus*, doblado).—Tiras rectangulares y muy delgadas, de hierro forjado, cuyos lados de la sección recta son de 12 á 68 milímetros de base, por 1 á 5 de altura. Las que tienen dimensiones más reducidas en su grueso, esto es la que corresponde al grueso de 1 milímetro, éstas se utilizan, para diversas aplicaciones de la industria, como son, aros de cubos; y toneles, refuerzos de cajones, balas de mercadería... etc., al exceder su grueso de 1 milímetro, resulta el hierro de fajas.

Vemos pues que el ancho de los *flejes* ó fajas es variable, pero siempre resulta que la tira, es más estrecha que larga.

11. *Cornetes.*—Barras de hierro laminado, y de sección rectangular, siendo los lados del rectángulo 162 á 217 milímetros de base, por 11 á 16 de altura.

12. *Cellar, arquero cuchillero ó planchuela.*—Barras de hierro laminado y de sección rectangular, cuyos lados del rectángulo de la sección recta son: 52 milímetros de base, por 9 de altura.

13. *Cabillas y varillas.*—El forjado en barras de sección circular, cuyo diámetro, es de 20 á 30 milímetros (balaustres), reservándose el nombre de *varillas*, cuando el grueso es inferior al mentado. En general, tanto las varillas, como los balaustres, se designan con el nombre general de *hierros redondos.*



14. *Pasamanos ó alomado.*—Estos hierros se consideran también, como hierros comunes del comercio, y se caracterizan por presentarse, como á fajas ó tiras, cuya sección recta es un segmento de círculo.

**228. Hierros de Batería ó Palastrería. Palastro.**— Llámase *palastro*, al hierro reducido á láminas delgadas más ó menos anchas y gruesas. Este hierro procede de las fábricas, en que se *bate, forja* y *extiende*, con martillos ó cilindros laminadores, cuales son los que reciben el nombre de *palastrerías* y *cascaduras*. Recibe esta clase de hierro distintos nombres, cuales son:

1.° *Palastro para almohaza.*—Tiene 271 á 298 milímetros de largo, 812 á 866 de ancho y un grueso de 0'8 á 2 milímetros y se arregla en paquetes de 16 á 18 hojas que pesan 25 kilos.

2.° *Palastro de cerraduras.*—Este varía mucho en sus dimensiones, pero el grueso fluctúa de 1 á 2 milímetros.

3.° *Fuerte ó hierro negro para estufilla.*—Tiene de 162 á 189 milímetros de largo por 541 á 596 de ancho y se coloca en paquetes de 20 á 21 hojas que pesan 25 kilos.

4.° *Para chapas.*—Tiene de 247 á 379 milímetros de ancho por 1m'299, á 3 metros 248 milímetros de largo; su grueso de 2 á 4 milímetros.

5.° *Palastro de muestras.*—Tiene de 352 á 374 milímetros de ancho, por 482 de largo, y su grueso de 2 milímetros.

6.° *Palastro ordinario* (para batería de cocina).—Su grueso es de 0'25 á 1 milímetro, se vende en barricas de 200 hojas. El palastro es de buena calidad, cuando su grueso es uniforme y la superficie perfectamente lisa, además ha de reunir la propiedad de que pueda doblarse muchas veces, en todos sentidos, antes de romperse, ha de ser también sonoro, dando por metro cuadrado el peso que corresponde.

**229. Palastro ondulado.**—Aparte del gran número de aplicaciones á que se presta y emplea las hojas de palastro en las construcciones, se ha de citar como muy especial, el palastro de hoja ondulada y que se usa para cubiertas de edificios, y ya también para servir de apoyo á los tableros de los

puentes (pero aquí el grueso de la hoja ya es mucho mayor que en el primer caso). Las ondulaciones son regularmente formadas por arcos de círculo, y bajo este punto de vista, se dividen las hojas, en hojas de pequeñas ó grandes ondulaciones.

Cada casa constructora, proporciona esos palastros, por hojas ondeadas, alcanzando medidas fijas á que ha de atemperarse el comprador, si bien se le puede servir con dimensiones menores que el tipo fijado; pero nó mayores. Así la fábrica de Montataire proporciona palastros á grande ondulación (figura 249') en que su contorno es un rectángulo de 0$^{m}$'854 de frente ó largo, por 1$^{m}$'70 ancho ó profundidad, cuya medida de 0$^{m}$'854 una vez desarrollada la hoja se cambia en 1$^{m}$'12, considerada como es natural en el sentido de su largo ó lado de frente; ó sea un metro de desarrollo corresponde á 0$^{m}$'76 de ondulación medida lineal. El peso del metro superficial no desarrollado, en el supuesto de contar con un grueso medio de 2 milímetros, es de 21 kilos. En general los gruesos de ese palastro son de 0$^{m}$'0015 ó 0$^{m}$'002 y hasta alcanza á 0$^{m}$'003. Cada una de estas hojas lleva consigo 5 ondas y una pequeña fracción. El radio del cuarto de círculo de la ondulación es de 0$^{m}$'041. En la fig. 250' se muestra al tamaño natural el perfil de la mitad de una ondulación, siendo aquí su grueso 3 milímetros.

La fig. 249 es una muestra ó perfil de una hoja á pequeñas ondas; la extensión de este perfil ondulado es de 0$^{m}$'74 el cual se convierte en 0$^{m}$'81 si se le imagina en su desarrollo. El peso del metro superficial, no desarrollado y en el concepto de contar con un grueso de 1 milímetro viene á resultar 8'80 kilos. El grueso en esa hoja en general fluctúa entre ellas de 0$^{m}$'00125 á 0$^{m}$'002. Cada una de estas hojas contiene cinco ondas y media, formando en su contorno un rectángulo de 0'$^{m}$74 lado de frente por 2$^{m}$ ancho ó fondo. Las curvas de ondulación son secciones de arcos de círculo que van siendo respectivamente tangentes formando como letra S muy caída, teniendo un radio de 0$^{m}$'048 á la par que una sagita de 0$^{m}$'028. La fig. 250 indica la mitad de una onda al tamaño natural, siendo aquí el grueso del hierro, un milímetro y medio.

El empleo de todas estas hojas de palastro, exige que se las bañe á distintos intervalos con capas de color al óleo, y aun mejor que se las cubra con una buena capa de zinc, por medio de la operación de la galvanización.



Unicamente así se las defenderá de los perniciosos efectos que sobre ellas produciría la continua oxidación (1).

**230. Hierro de hilandería**—Lo constituye los alambres de diferentes diámetros. El hilo de hierro ó *alambre*, se obtiene, pasándole por la hilera. El aparato consiste en una

---

(1) Hace ya algunos años, que habiendo llegado el zinc, á producirse industrialmente en grande escala, adquirió su uso considerable desarrollo y uno de tantos empleos á que se le destinó, fué en las cubiertas de los edificios, echando mano de él, ya con láminas planas ó con láminas ó planchas onduladas; las primeras son más frecuentemente empleadas, para cubiertas ordinarias, y las chapas de zinc van fijas como encajadas entre listones de madera clavados á la ripia. Los costados de las chapas llevan unos bordes de 3 centímetros de alto que se apoyan entre los listones. Los extremos de las diferentes chapas se unen por medio de dobles, enganchados unos con otros. Existen máquinas de fácil manejo, con las cuales se dan estos pliegues con suma exactitud y rapidez. Los listones laterales se cubren con unos pequeños canales de zinc plegados en escuadra y vueltos hacia abajo, que se designan con el nombre de tapa juntas. La parte enganchada y los bordes absorben toda la dilatación. El sistema de listones es perfectamente aplicable á toda clase de tejados, pero como no requiere más que una pendiente insignificante, el mayor provecho de su aplicación resulta en tejados de poca inclinación.

El zinc es excelente también para los tejados de fuertes pendientes, como de ello se ha dado prueba aplicándolo en París en las cubiertas conocidas con el nombre de *mansardas*.

Actualmente se emplean en España, para esta clase de cubiertas unas chapitas cuadradas llamadas *rombos*, de 40 centímetros de lado, porque de ellos, dá diez una chapa del tamaño ordinario sin desperdicio alguno. Estos rombos llevan á cada uno de sus lados, un emborde ó pestaña de 3 centímetros de ancho, y la colocación se hace enganchando ó embordando unos con otros. Además va cada rombo clavado á la ripia, con lo cual se consigue un conjunto impenetrable á las filtraciones pluviales, y que resiste admirablemente á los más fuertes huracanes. (Véanse las figs. 252 y 252' de la lám. 10 que demuestran la colocación y enlace de semejantes piezas de cubierta.

El sistema de tejado de zinc, para el cual se usan chapas ondeadas es también usado con ventaja. Las ondas á la vez que dan, una gran resistencia á la chapa, absorven perfectamente la dilatación lateral.

La dilatación longitudinal se deja libre, por el modo de sujetar las planchas por medio de unos grandes ganchos.

La colocación se hace, cubriendo sencillamente cada chapa, una pequeña parte de las chapas vecinas, sin borde ni soldadura.

En las fábricas con tejado ordinario, la trepidación producida por la marcha de las máquinas, obliga á retejer frecuentemente, mientras que no tiene la menor influencia sobre un tejado de zinc. La chapa ondeada no se presta bien para cubrir tejados accidentados ó interrumpidos por huecos y ángulos, pero ofrece grandes ventajas para tejados pro-

plancha de acero, en la que hay practicados, varios agujeros cónicos de diferentes diámetros. El estirado se hace en dos máquinas: la primera llamada *Treflexia*, sirve para obtener

visionales, pues como las chapas que no van enganchadas se arman y desarman con facilidad sin perder nada de su valor. El tejado de zinc ondeado es muy á propósito para armaduras de hierro, por lo cual se usa mucha en la construcción de edificios incombustibles.

En suma, el zinc no requiere una forma especial de tejado, como los demás materiales usados. Se adapta á toda clase y forma de cubierta, por caprichosa que sea, únicamente hay que elegir en cada caso el sistema más á propósito.

Véanse las figs. 253 que demuestran el empleo y colocación de las chapas ondeadas, de zinc. Las correas deben guardar mutuamente la distancia de 1m'05. Es preciso que el carpintero se atenga exactamente á dicha medida, porque esto facilita mucho la colocación de las planchas de zinc á causa de no poder soldarse las grapas antes de llevar las planchas á la obra. Si estas grapas están colocadas á la medida normal, se tiene también la ventaja de poder desanganchar las planchas de un tejado y adaptarlas á otro con suma facilidad.

A cada plancha se sueldan dos hileras de á 3 grapas en los sitios indicados en la fig. 253'. En estas grapas se enganchan las de hierro y todo junto se posa sobre las correas para clavar en ellas las grapas de hierro.

Solamente las planchas que forman la cumbrera llevan una tercera hilera de á tres grapas en su extremidad superior.

Respecto á las demás planchas, la una cubre siempre la otra en una longitud de 15 centímetros, sujetando al mismo tiempo, la extremidad superior (fig. 253) en el sentido lateral cada plancha cubre media onda de la plancha inmediata (fig. 254).

Para formar el caballete, se colocan dos viguetas á poca distancia de la cumbrera, á fin de poder clavar en ellas las últimas hileras de grapas (fig. 255).

Las planchas mismas llevan una banda lisa de zinc soldada en la cabecera. La parte de esta banda que sobresale hacia arriba, se dobla en escuadra para formar el reborde, con que emborda la tapa junta de cumbre. En todas las partes en que se interrumpe la continuidad de la superficie del tejado, es preciso soldar chapas lisas á las planchas ondeadas, á fin de poder hacer tapajuntas á la pared... etc.

Las planchas ondeadas se adaptan muy bien á la armazón de hierro; no hay más que escoger para correas, hierro escuadra y doblar simplemente las grapas de hierro sobre los cantos (figs. 253'' y 253''').

Las planchas ondeadas raramente se fabrican de un largo que exceda del máximum de 2m'45.

La soldadura para zinc, se compone de dos terceras partes de plomo y una tercera parte de estaño.

El peso de una plancha ondeada, de zinc que tenga un largo de 2m'25 por un ancho de 0m'75 y por un grueso de 75 centésimas de milímetros es de 12 kilos.



los hilos más gruesos, los cuales van decreciendo desde 11 á 5 milímetros de diámetro; el más grueso se designa con el n.º 30 y el más delgado lleva el n.º 2.

La otra máquina llamada *Tiresia*, produce alambres más delgados con diámetros decrecientes desde 5 á 1 milímetro; este último recibe el nombre de *pasa-perla* y hasta él, van decreciendo los números correspondientes, á los distintos alambres producidos, á partir de éste, los números van creciendo de 0 á 12 y los diámetros, van disminuyendo desde 1 milímetro á un diezmilímetro.

Débese escoger para el alambre, hierro muy tenaz y dúctil; los hierros de mucha dureza son preferibles á los blandos.

Llámase alambre *recocido*, cuando se le ha caldeado y luego se le ha dejado enfriar lentamente, para que así, reuna condiciones de dulzura y flexibilidad, cuando se le emplee.

| Número | Diámetro — Milímetros | Peso de 100 metros — Kilogramos | Longitud de un kilogramo — Metros |
|---|---|---|---|
| 30 | 14' 00 | 115'500 | 0'64 |
| 29 | 12' 50 | 92'072 | 1'08 |
| 28 | 11' 00 | 71'303 | 1'40 |
| 27 | 9' 65 | 54'706 | 1'80 |
| 26 | 8' 55 | 12'763 | 2'30 |
| 25 | 7' 70 | 34'916 | 2'80 |
| 24 | 7' 00 | 28'875 | 3'40 |
| 23 | 6' 35 | 23'831 | 4'20 |
| 22 | 5' 70 | 19'611 | 5'11 |
| 21 | 5' 10 | 15'521 | 6'50 |
| 20 | 4' 50 | 11'877 | 8'40 |
| 19 | 3' 90 | 8'580 | 11'60 |
| 18 | 3' 40 | 6'429 | 15'60 |
| 17 | 2' 90 | 4'950 | 20'20 |
| 16 | 2' 50 | 3'667 | 27'50 |
| 15 | 2' 20 | 2'852 | 35'00 |
| 14 | 1' 98 | 2'381 | 42'00 |
| 13 | 1' 80 | 1'905 | 52'40 |
| 12 | 1' 64 | 1'596 | 62'70 |
| 11 | 1' 56 | 1'324 | 75'50 |
| 10 | 1' 38 | 1'169 | 85'50 |
| 9 | 1' 27 | 0'949 | 105'40 |
| 8 | 1' 17 | 0'819 | 122 |
| 7 | 1' 00 | 0'700 | 143 |
| 6 | 1' 02 | 0'612 | 163 |
| 5 | 0' 95 | 0'533 | 187 |
| 4 | 0' 88 | 0'468 | 213 |
| 3 | 0' 81 | 0'386 | 259 |
| 2 | 0' 74 | 0'334 | 301 |
| 1 | 0' 68 | 0'272 | 364 |

Cada fábrica tiene sus medidas especiales para las hojas planas de zinc, de ordinario consumo; á continuación ponemos unas muestras de una de tantas fábricas.

| Número | Diámetro — Milímetros | Peso de 100 metros — Kilogramos | Longitud de un kilogramo — Metros |
|---|---|---|---|
| Pasa perla | 0' 62 | 0'226 | 442 |
| 0 | 0' 56 | 0'187 | 533 |
| 1 | 0' 51 | 0'152 | 658 |
| 2 | 0' 46 | 0'128 | 785 |
| 3 | 0'415 | 0·105 | 952 |
| 4 | 0' 37 | 0'086 | 1162 |
| 5 | 0' 33 | 0 068 | 1470 |
| 6 | 0' 29 | 0'053 | 1887 |
| 7 | 0' 25 | 0'043 | 2326 |
| 8 | 0' 22 | 0'034 | 2941 |
| 9 | 0' 20 | 0'027 | 3704 |
| 10 | 0'185 | 0'020 | 5000 |
| 11 | 0' 17 | 0 015 | 6666 |
| 12 | 0' 16 | 0'010 | 10000 |

Atención hecha, á la importancia de semejantes datos, y que el calibrador adoptado hoy, por muchos fabricantes españoles, es el mismo de París que cuentan desde los números 30 al P P, damos á continuación, las medidas correspondientes de los alambres, referidos á aquel calibrador, con más, estableciendo un paralelo, con el de Inglaterra.

Además se fabrican alambres, de formas distintas y variedad de propiedades, así se llaman: *Redondo* fig. 258, L.ª 10; Cuadrado fig. 259; Media-caña fig. 260; *Romboidal;* Triangular fig. 261; Ovalado fig. 262; *Plano* fig. 263; *Acanalado* fig. 264, y con arreglo á sus propiedades; en *Brillante,*

---

Todas estas hojas lisas forman rectángulos de 2m largo por 0'80 ancho y se distinguen cada agrupación, por su respectivo grueso, llamándose á cada agrupación por un número de orden; así se tiene:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N.° | 1 | el grueso de la plancha es de | | 0·30 | de milímetro y pesa en kilos | | 3'350 |
| » | 2 | » | » | 0'35 | » | » | 3'900 |
| » | 3 | » | » | 0'40 | » | » | 4'450 |
| » | 4 | » | » | 0'45 | » | » | 5'000 |
| » | 5 | » | » | 0'50 | » | » | 5'600 |
| » | 6 | » | » | 0'58 | » | » | 6'500 |
| » | 7 | » | » | 0'66 | » | » | 7'400 |
| » | 8 | » | » | 0'74 | » | » | 8'300 |
| » | 9 | » | » | 0'82 | » | » | 9'200 |
| » | 10 | » | » | 0'95 | » | » | 10'650 |
| » | 11 | » | » | 1'08 | » | » | 12'100 |
| » | 12 | » | » | 1'34 | » | » | 15'000 |
| » | 13 | » | » | 1'60 | » | » | 17'900 |
| » | 14 | » | » | 2'32 | » | » | 26'000 |
| » | 15 | » | » | 3 | » | » | 34'000 |



*Cobrizado; Recocido claro, Recocido obscuro, Galvanizado, Picado* ó *barbado, Barnizado,* cuyos nombres ya indican de por sí, los accidentes que acompañan al material.

CUADRO COMPARATIVO

| NUMERACIÓN DE París | NUMERACIÓN DE Inglaterra | NUMERACIÓN DE Milímetros | Largo aproximado de un Kilogramo — Metros | Peso teórico de 100 metros — Kilogramos |
|---|---|---|---|---|
| 30 | 0000 | 10,0 | 1,63 | 61,259 |
| 29 | 000 | 9,4 | 1,85 | 54,128 |
| 28 | 00 | 8,8 | 2,11 | 47,438 |
| 27 | 0 | 8,2 | 2,43 | 41,191 |
| 26 | 1 | 7,6 | 2,82 | 35,384 |
| 25 | 2 | 7,0 | 3,33 | 30,019 |
| 24 | 3 | 6,4 | 3,99 | 25,091 |
| 23 | 4 | 5,9 | 4,69 | 21,324 |
| 22 | 5 | 5,4 | 5,59 | 17,863 |
| 21 | 7 | 4,9 | 6 80 | 14,708 |
| 20 | 8 | 4,4 | 8,43 | 11,859 |
| 19 | 9 | 3,9 | 10,73 | 9,317 |
| 18 | 10 | 3,4 | 14,12 | 7.082 |
| 17 | 11 | 3,0 | 18,14 | 5,512 |
| 16 | 12 | 2,7 | 22 40 | 4,463 |
| 15 | 13 | 2,4 | 28,34 | 3,528 |
| 14 | 14 | 2,2 | 23,74 | 2,964 |
| 13 | » | 2,0 | 40,85 | 2,448 |
| 12 | 15 | 1,8 | 50,40 | 1,984 |
| 11 | 16 | 1,6 | 63,77 | 1,568 |
| 10 | » | 1,5 | 72,57 | 1,378 |
| 9 | 17 | 1,4 | 83,33 | 1,200 |
| 8 | » | 1,3 | 96,62 | 1,035 |
| 7 | 18 | 1,2 | 103,50 | 0 881 |
| 6 | 19 | 1,1 | 134,95 | 0,741 |
| 5 | 20 | 1,0 | 163,40 | 0,612 |
| 4 | 21 | 0,9 | 201 61 | 0,496 |
| 3 | 22 | 0,8 | 255,10 | 0,392 |
| 2 | 23 | 0,7 | 333,33 | 0,300 |
| 1 | 24 | 0,6 | 454 54 | 0,220 |
| P | 25 | 0,5 | 653,60 | 0,153 |
| PP | 26 | 0,4 | 1025,00 | 0,098 |

NOTA. La numeración alemana corresponde con las décimas de m/m siendo el número 100, por ejemplo, el 30 francés, el número 30 alemán, el 17 francés, etc.

Aparte de la gran aplicación de los alambres, en los distintos ramos de la industria, y que son de todos conocidos, como son clavos, puntas de París, hilos de sonerias, y de telegrafo, embalaje de fardos, cables, etc., etc.; existe aun otra aplicación casi podemos decir de época actual, cual es fabricando con él, *cordones* para cercas fig. 265; y para el mismo objeto el llamado *espino artificial* fig. 266 compuesto

de alambres retorcidos, sobre sí, de los núms. 12 al 20 francés. Se usa mucho para potreros y también por encima de las correas hechas con alambres de puas por ser más fuerte, ligero é inofensivo. Regularmente se expende lo propio que el de la fig. 271 en carretes de 2 á 4 brazos conforme mucstra la fig. 272. El espino artificial, puede ser de 2 y de 4 puas, á las distancias que se quieran, y el alambre de acero galvanizado. Los carretes suelen tirar unos 100, 250 y hasta 500 metros.

También se emplea con gran ventaja, para los cercados, los hierros ó *cintas* de acero torcidas fig. 267, es una especie de alambre, galvanizado, aplanado y luego torcido (100 kilos de 12 milímetros, de ancho mide aproximadamente 675 metros). Esta clase de cerrado tiene gran resistencia á causa del tamaño del alambre y del sistema de construcción. Es muy visible y la gran elasticidad que resulta de la forma torcida, impide el aflojarse los alambres, siempre que la cerca se haya fijado, cuidadosamente, á cuyo fin se usan grapas rectangulares. Se expende en el comercio, en forma de carretes á los cuales se arrolla.

En toda instalación de alambres, hay siempre necesidad, que aquellos trabajen bien tendidos, y para lograrlo se usan piezas llamadas *Estiradores de alambre* figs. 268 y 268'. Su construcción es sencillísima, y no lo es menos tampodo la manera de usarlo, bastando solamente un palo ó pedazo de madera para hacer de palanca, tal como muestra la fig. 268.

A causa de la simplicidad y fuerte construcción, no se rompe ni desarregla fácilmente.

Usanse también los alambres, para enrejados, ó telas metálicas á simple torsión; siendo los alambres galvanizados. Regularmente los hilos ó alambres que se emplean en la confección, son proporcionados al ancho de la malla fig. 269. Los cercados de adorno fig. 270 dan idea de las variedades de forma á que se prestan los alambres.

231. **Hierros especiales.**—Reciben este nombre, cierta clase de hierros que se construyen en los talleres y cuya forma de la sección recta ó *perfil*, afectan figuras determinadas y en número muy considerable, y variado en cada especie ó clase determinada, según sea el objeto y la índole del trabajo y esfuerzo que han de soportar; más que de todos modos son usados en la construcción, prestándose por otra parte á obtenerse, según el dibujo ó perfil que convenga al



constructor, aunque su forma sea distinta, de los que por lo regular se emplean. Se llaman *especiales*, por distinguirlos de los *comunes*, cuyos son los que hemos visto en los párrafos anteriores.

Entre ellos pueden exponerse los siguientes:

1.° *Sección rectangular*.—Son los más elementales, y se emplean, ó por mejor decir se empleaban, en la formación de los primeros pisos de hierro, bajo el sistema de *M. Vaux*. Semejantes viguetas, encuéntranse ligeramente arqueadas en el sentido longitudinal, á fin de darlas mayor resistencia; esta curvatura, tiene en el punto medio, una flecha de un centímetro; el rectángulo de su sección recta, tiene una altura de 168 milímetros por una base de 9 milímetros, cuya última dimensión representa el grueso del hierro. Estas medidas son correspondientes á un tramo ó luz de 6 metros; y por lo tanto se concibe que son susceptibles de variar algún tanto, cuando también varie la referida luz que hay que salvar.

Estas piezas se sientan de canto. Por otra parte se comprende que han de fabricarse exprofeso, según las dimensiones que convengan y exija el director de la construcción, pues no fabricándose hoy, con las variadas dimensiones de que son susceptibles, por haber caído en desuso el sistema *Vaux*, no tendrían fácil salida en el comercio, las barras ó viguetas afectando aquellas medidas.

2.° *Sección poligonal y circular*.—A parte de que en uno de los párrafos anteriores, se han enunciado los hierros *comunes* qne tienen en su sección rectas formas poligonales y circulares; sin embargo, aquellos responden á medidas ordinarias á usos que siempre tienen aplicación; mas cuando precisan medidas especiales, por requerirlo así las exigencias de la construcción, como son por ejemplo, las piezas que entran en la composición de las armaduras; las barras conocidas con el nombre de *bielas*, usadas ya bajo un concepto, en los cuchillos de cubierta, ya también bajo otro, en el juego de las máquinas, las piezas que con el nombre de *cuerdas* se emplean en barras de sección circular para formar los tirantes, y otras piezas de un cuchillo; entonces semejantes detalles, se fabrican á propósito y por encargo, por ser esencialmente destinadas al caso particular de que se trate.

3.° *Hierros de doble* T.—Llámanse así, aquellas barras de hierro cuya sección transversal ó recta; afecta la forma

de una T, doble; esto es, el larguero ó altura de la letra, está comprendida entre dos horizontales pasando por sus puntos extremos, y cortando en ángulo recto; de estas horizontales representará (fig. 208, lám. 8.ª), la primera *ab*, la cabeza de una T directa, y la segunda *cd*, la de una ⊥, invertida.

Este singular y especial perfil, no es debido al capricho, y sí, nacido franco y espontáneo de la misma fuerza y razonamiento de los hechos. Sabido es que se acudió, en auxilio del hierro, para emplearlo en las construcciones, cuando se le llegó á descubrir y se supo apreciar su trascendental propiedad característica, esto es:

*Su gran resistencia bajo un pequeño relativo volumen.*—Con semejante principio, se daba un paso más, al gran problema. de reducir las masas de apoyo, y proporcionar por el contrario, más anchura, al espacio entre ellos comprendido; en una palabra, obtener la mayor circulación posible, con el menor número de obstáculos, y hasta; que estos llegasen á desaparecer, de alcanzar posibilidad para tal grado de desahogo, y entonces, claro está que quedaría resuelto por completo el problema; como por ejemplo de tratarse de los puentes establecidos en las rápidas corrientes, en cuyo caso se economizarían los gastos de fundaciones que resultarían, tanto más considerables, cuanto mayor fuera el número de pilares. De todos modos, es un hecho fuera de duda, que al resolver el principio enunciado, se logró más comodidad, espacios más holgados, y notable economía.

Ahora bien, siendo el metal, un elemento más caro que los demás que entran en las construcciones; el problema por sí complejo de los soportes metálicos, se complicaba en la cuestión económica, de suerte, que era menester soportes de formas tales, que correspondieran á la vez, al máximum de resistencia, y al mínimum de peso; pues que, según él, se valuaba el precio del metal; y con ello se infiere, que los factores principales, que entran en la cuestión de que se trata, por ejemplo la resistencia de una viga de longitud determinada, descansando sobre dos apoyos, dependerá: 1.° De las dimensiones. 2.° De la forma del perfil; esta última fácil deducirla; partiendo de las observaciones hechas, al tratar de una pieza que descansa, sobre dos apoyos por sus extremos, y está solicitada en su punto medio por una carga determinada; dicha pieza se deformará encorvándose, y de tal manera que aparecerá curva convexa hacia la parte inferior, y curva cónca-



va, hacia la superior, en este estado, las fibras de la parte superior se comprimen y las de la inferior se alargan, y ambas en el sentido de la longitud del sólido; en cuanto á su parte media, conserva su longitud primitiva sin deformarse. Las fibras más distantes de esta parte media ó *eje neutro,* son las que resultan más modificadas, ya sea por la extensión ó por la compresión, porque estas fibras han alcanzado el máximum de su esfuerzo. De aquí resulta, que la parte media trabaja poco, y esto ha inducido en la práctica, á reforzar estos materiales, hacia las partes extremas del perfil, y de aquí el origen de los hierros de doble T, y de una manera general, el origen de los perfiles aligerados ó disminuídos lateralmente.

La experiencia de consuno con las indicaciones de Navier, ha demostrado también, que se debe repartir la materia tanto cuanto sea posible, hacia la parte superior y hacia la inferior de las vigas, con el fin de así lograr, que se acumulen la mayor parte de las fibras, allí donde fuese preciso más resistencia, ya sea á la extensión ya á la compresión; así pues, adelgazando la parte central y ensanchando en cambio las extremas, vendremos á resolver la cuestión de resistencia, enlazada con la economía, concluyendo con la forma de doble T para el perfil de la sección recta de la viga.

En una viga de doble T (fig. 208), se llama *altura ó alma*, la línea ó distancia *ef*, que separa, los brazos superior é inferior *ab*, *cd*, cuales también constituyen y se les llama los *nervios.* El grueso del alma, y de los nervios, así como también la amplitud de estos últimos, varían según la resistencia que quiera darse á la pieza.

Estas vigas admiten también, diferencias de detalle: pueden reforzarse por medio de ensanches longitudinales que aparecen en sección, bajo la forma de pequeños cuadrados, aplicados á los ángulos diedros que los brazos forman con el alma; y aun mejor, tal como hoy se practica, formando dichos ensanches por medio de una superficie continua curvilínea *abc* (fig. 209), la cual dá una forma y perfil más bello, sin soluciones de continuidad, como tenía el anterior; en el modificado las líneas no se cortan de una manera brusca y violenta, antes al contrario, vienen á formar todas ellas una sola línea de contorno, pues enlazan perfectamente, siendo tangentes las curvas del refuerzo á las caras planas y extremas de los nervios, así como también con las paredes verticales del alma; resultando así, las piezas que en un principio se reser-

vaban para los rails de ferrocarriles, aunque variando las dimensiones relativas de los brazos y altura, y empleándose hoy con las dimensiones que en cada caso convengan, á la construcción de pisos, puentes, armaduras... etc.

Los hierros de doble T, se fabrican con *anchas alas*, ó con *pequeñas alas*, lo cual hace que se establezca entre ellas dos agrupaciones, correspondiendo á cada una de ellas, una de las dos denominaciones antedichas. En los hierros de *anchas alas*, éstas, como el mismo nombre lo indica, los platillos ó nervios, tienen mucho vuelo, para con relación á la altura de la viga. Tal modo de hacer constituyó una innovación, para con respecto á las *tes*, de alas estrechas, como se usaban en la época primitiva de la construcción de las vigas, logrando con ello, gran adelanto, en la mejora que se obtenía. En efecto, los hierros de *largas alas*, ofrecen una economía sobre los hierros de pequeñas alas, porque la materia está mejor repartida.

También se dividen los hierros de doble T, en otras dos agrupaciones y son: de doble T *simétrica*, y de doble T, *nó simétrica*; en la primera las alas superiores son iguales á las inferiores, al paso que en las segundas, las alas superiores, son más estrechas que las inferiores, originándose esta última disposición, en virtud de que el hierro, resiste mejor á la extensión que á la compresión; sin embargo de ello; y si bien se considera, que siempre será preferible la forma simétrica á la nó simétrica; en la que una de las T, aparece reforzada, pues la experiencia ha comprobado, que si bien es cierta la mayor resistencia del hierro á la extensión que á la compresión, este hecho, se refiere solamente á la resistencia á la rotura; pero como en la práctica nos quedamos siempre dentro el límite de elasticidad; y el hierro trabaja solamente á un coeficiente de seguridad que varía entre $^1/_4$ y $^1/_3$ del esfuerzo de rotura, resulta no ser racional acumular más materia á un lado que á otro, pues el equilibrio y la rigidez de la viga es más constante para una disposición simétrica del perfil transversal, que para toda otra forma. La forma no simétrica, está motivada para la fundición, porque los esfuerzos de rotura por tracción y por compresión son muy diferentes que en los hierros laminados. Según ello, toda forma no simétrica que no esté motivada por alguna consideración particular, debe desecharse bajo el punto de vista de la economía y de la resistencia.



Cada casa constructora, tiene una serie de modelos ó perfiles especiales, aunque todos obedeciendo á la forma general de doble T, lo cual hace que varíe algún tanto, el peso por metro lineal, para vigas que afecten una misma altura, y correspondiendo cada una á casa constructora distinta; sin embargo por regla general, cada casa divide sus hierros, partiendo de la base á que obedezcan á un mismo perfil dentro de las distintas series que fabrica; así la primera serie la forman todas las vigas de alas estrechas, cuya altura varía de 2 en 2 centímetros, y esto desde 8 hasta 30 centímetros. La segunda serie la componen hierros de alas estrechas, aunque algo más anchas que las precedentes, así como igual altura y perfil, pero teniendo algún aumento de milímetros en el grueso; son los llamados *hierros gruesos*; estos últimos resultan menos económicos que aquéllos, porque el peso aumenta en proporción mayor que la resistencia correspondiente.

Para cada altura dada; cada fábrica presenta un modelo mínimo y otro máximo, fabricando emperó como á encargo, los hierros, con perfiles intermedios que se pidan.

Otra serie de hierros de *alas anchas*, obedeciendo á una escala de gradación, en que las alturas varían, de 5 en 5 centésimas, siguiendo ley proporcional el grueso del material, y aun el ancho de las alas; de todos modos, también fabrican las casas constructoras, los hierros que por encargo especial, se pidan para medidas particulares dentro de las señaladas. Además, todas las casas constructoras, tienen sus álbums particulares, en los cuales vienen especificados minuciosamente todos estos datos, y á más el peso por metro lineal del hierro de que se trate; y con esto se comprenderá, como varias vigas ó hierros de las mismas dimensiones, pero procedente cada pieza de distinta fábrica, afecte peso distinto, por ser distinta también la calidad del hierro empleado, para cada una de ellas.

4.° *Hierros de simple T.*—Lo es el de la fig. 210, cuya sección recta, aparece perfilando una letra T, la cual colocada en obra, viene colocada ya directa, ya invertida, así como horizontal ó vertical la pieza que la informa, según los usos á que esté destinada en la construcción, los cuales son muchos y en extremo variados, atención hecha á las grandes ventajas que ofrece su especial estructura, para el enlace con otras piezas, para formar con ellas conjuntos. Suelen

también en la simple T, substituirse algunas veces el ángulo ó arista en *a* ó en *b*, por la superficie cilíndrica de enlace *dc*, *ef*, de la fig. 211, la cual, amén de proporcionar más suavidad al perfil, comunica más resistencia á la pieza.

El perfil de los hierros de T, sufre algunas variantes, según la casa constructora de donde procede, así como también de los usos á que se le destina; así por ejemplo en la fig. 212, el nervio está enlazado con el alma por medio de una línea curva de acuerdo, y el alma tiene sus paredes convergentes; en dicha figura constan para más claridad, las cotas á que obedecen las distintas dimensiones de la pieza. En semejante disposición, se la suele emplear, colocándola verticalmente como montante de una construcción, aparte de otro sinnúmero de usos á que se presta. De todos modos, las casas constructoras cuentan con hierros de esta clase, de varias dimensiones, cuales varian en sus ejemplares, de 5 en 5 milímetros de altura. Según convenga, los seminervios de la T, pueden ser iguales ó desiguales.

5.° *Hierros de ángulo.*—Lo son cuando la sección recta forma simplemente un ángulo. el cual puede ser recto fig. 213, agudo ú obtuso, como en las figs. 214 y 215. Pueden ser también de ramas iguales como en las figs. 213 y 214; ó de ramas desiguales como muestran los tipos figs. 217 y 216. En las figs. 213, 214, 215 y 217, subsiste la arista exterior, mientras que la que corresponde al ángulo entrante, está substituída por una superficie cilíndrica, tangente á los brazos del ángulo, la cual permite más consistencia al hierro en este punto. En la fig. 116 los ángulos quedan substituídos, tanto interior como exteriormente con superficies cilíndricas que son de acuerdo, con los brazos del ángulo, una de ellas cóncava, la otra convexa. Son muchos y variados los empleos que se dan á los hierros de ángulo, como por ejemplo para el enlace de dos piezas, formando un ángulo cualquiera, para la formación de las cabezas para las vigas de palastro, de las que más adelante se hablará (como podemos verlo desde luego examinando la fig. 251, L.ª 9, donde los hierros de escuadra aprisionan con sus brazos el alma vertical de la viga á la par que con los otros brazos horizontales prestan apoyo á la plancha ó platillo, con que termina la cabeza de la viga.

En estos brazos, están figurados los orificios, por los cuales se alojan los correspondientes pernos ó roblones según sea, para el debido enlace.



También hay ocasiones, en que el enlace de las piezas exige que el hierro angular, venga expresado como en la fig. 229, L.ª 8, esto es, que el vértice exterior, viene robado por el chaflán *a b*, apareciendo así, tres lados *d a*, *a b*, *b c*.

6.° *Hierros de triple T.*—La fig. 220, presenta la sección recta de un hierro de este nombre, el cual si bien se considera, su forma y disposición no resulta razonada, toda vez que en la parte central esto es, allí donde la materia trabaja menos, se coloca un exceso de ella, que puede emplearse con gran ventaja, llevándola á ambas extremidades. Sin embargo, la triple T, puede ser útil y quizá indispensable, en ciertos casos particulares, de enlaces forzosos hacia la parte media del alma de la viga; por más que resulten más económicos los hierros de sección recta que afectan las figuras de las T ó dobles T ordinarias.

7.° *Hierros en cruz.*—Son aquellos cuya sección recta afectan la figura de una cruz. Algunas veces, para que esta cruz resulte más llena y reforzada, se sustituyen las aristas vivas, por acuerdos curvilíneos, tanto en los ángulos entrantes como en los salientes, conforme muestra la fig. 228, L.ª 8. Se comprende que este perfil (siempre de contorno general de Cruz) es dable trazarlo con gran número de variaciones, dependiendo ellas generalmente, del esfuerzo y dimensiones que la pieza ha de sobrellevar.

Son muchos los usos á que se presta el hierro con semejante forma; ya puede servir para las bielas, para grandes tornapuntas, ó ya para pies derechos que hayan de enlazarse con cuatro lienzos de muros, y ya para un sinnúmero de objetos de detalle que la práctica pueda deparar.

8.° *Hierros en U y en C.*—Estos afectan realmente el perfil de las letras U y C, según que el vástago travesero esté colocado horizontal ó vertical, están representados en las figs. 222 y 223, en la primera acusando los ángulos, en la segunda sustituyéndolos por acuerdos curvilíneos, son muy útiles semejantes formas, para el arriostramiento de techos y de lienzos verticales.

9.° *Hierros en Z.*—En rigor habrían de llamarse de doble *Z*, por afectar realmente esta forma, los que se emplean, en general en la construcción de techos. Véase la fig. 224. El travesero horizontal *q r*, es el que salva la distancia entre dos vigas, y luego las partes acodadas situadas en los extremos como la *m n p q*, llevan la figura de una Z, y ella es tal,

que permite sostener las cabezas de la Z, sobre los lomos ó platillos de dos viguetas adyacentes de un techo, y así el hierro de doble Z está como colgando, constituyendo análogamente, como silla de caballo; este es el empleo más corriente, pero eso no obsta, para que haya otras ocasiones que sea conveniente su uso, lo propio que la forma de simple Z, L.ª 9, figs. 248 y 248' aunque esto raramente, hay motivos, para ponerla en juego; sin embargo su uso vendrá indicado, para el enlace de montantes ó pies derechos, en resalto ó que no tengan el mismo paramento; también en la construcción de escaleras de hierro, etc., etc.

10. *Hierros Zores.*—En su perfil tienen la forma de una V invertida, figs. 228 y 229, L.ª 9, y suele emplearse en los pisos de hierro, esta forma no es tan recomendable. como la de doble T simétrica: sus dos piernas inclinadas distan mucho de estar en buenas condiciones, pues evidentemente tienden á abrirse bajo la acción de una carga vertical; además, la parte superior, que no puede tener el suficiente espesor, para sujetar perfectamente las alas, contiene mucho material, el que tendría mejor aplicación en una extensión mayor. La parte inferior es la que mejor entendida está, por más que la solución de continuidad que se observa, no sea la más á propósito, para que se establezca una gran solaridad entre las dos piernas. Existen muchas variaciones de hierros Zores, la forma primitiva es la llamada *cónica* correspondiente á la fig. 228, de esta dimanaron muchas variaciones, así por ejemplo, hay la modificación de la fig. 229 que se llama *truncada*, y la de la fig. 230, que se llama *circular peraltada y convergente*, y aun otras muchas modificaciones que dejamos de representar, por ser poco usadas, y además por verse ellas dibujadas extensamente, en los álbums que reparten las casas constructoras.

11. *Hierros en H.*—Cuando en una pieza de doble T, se construyen las alas muy anchas, para con respecto al alma, y está destinada dicha pieza á colocarse en obra verticalmente, sirviendo en tal disposición de pie derecho, entonces es cuando se producen los hierros en H, pues, que efectivamente el perfil, de su sección recta, aparece formando el dibujo de dicha letra. Es muy á propósito el hierro, cuando está en semejante disposición, para emplearlo, en pies derechos de entramados verticales, ó lienzos de paredes. Ya se infiere, que tal como va colocada la pieza, su alma



aquí estará colocada horizontal, (considerándolo en su sección recta) en lugar de vertical, como se encontraba en las piezas de doble T.

12. *Hierros de vidrieras.*—Todas las casas constructoras, fabrican una serie de hierros, á propósito, para servir de montantes y traveseros de las grandes vidrieras, ya para ventanas ó balcones, de modo que ellos una vez colocados, forman un verdadero encasillado, que constituye el armazón de la vidriera ó vitrina propiamente dicha. Además, cada una de estas piezas ó mejor dicho estos *listones de hierro*, van provistas hacia una parte, de ciertos resaltos, redientes, ó acanaladuras, que sirven para fijar los cristales, mientras que hacia la parte opuesta, ostentan molduras de dibujo muy variado todas ellas, y que contribuye al ornato del conjunto.

Sería interminable, si tuviéramos de dibujar, el sinnúmero de tipos que se conocen, baste saber que cada casa constructora, fabrica un cierto número de ellos, que aparecen en su respectivo álbum; y tienen siempre existencia de dichos ejemplares, para servir los pedidos que se hagan. Sirva de ejemplo los modelos cuyo dibujo es correspondiente á los números de las figs. 232, 232', 232'' y 232'''.

13. *Hierros de pasamano.*—También los grandes talleres y casas constructoras, fabrican, hierros especiales destinados á la coronación de las barandas de escalera ó de balcón, esto es, la pieza que forma el borde ó remate superior de cualquier antepecho ó barandilla, en el que se apoya la mano. Cada casa tiene sus dibujos especiales, de los cuales hay surtido, para satisfacer las operaciones de venta. Mostramos aquí como á tipos de hierro de pasamanos, las figs. 233, 233', 233'', 233''' y $233^{IV}$, los retallos que aparecen hacia la parte inferior de estas figuras, sirven para que en ellos encaje el grueso del hierro superior de la baranda. Los montantes de ésta van roblonados hacia la parte superior del pasamano, y así éste, con semejantes requisitos, queda completamente asegurado.

14. *Hierros montantes.*—Son los hierros verticales, que vienen á constituir la baranda de una escalera, de un balcón, de un antepecho... etc., en general esta clase de hierros son de fundición, en virtud de lo muy complicada de la labor, con que muchas veces van acompañados, y por otra parte son relativamente más económicos que los construídos de hierro

forjado; sin embargo, hay casas constructoras que los construyen con este último y los tienen á mano, para quien quiera emplearlos. Los hay de formas variadísimas y algunas tan originales como el de la fig. 234, procedente de la fábrica de Descours en Lyon; tipo de balaustre en forma de cruz en su sección horizontal y retorciéndose en forma helizoidal, en su alzado, en donde se combinan cortándose en el alma ó núcleo de la cruz, las cuatro superficies helizoidales engendradas por los cuatro brazos de la cruz. Por lo demás, siempre las casas constructoras se encargan de proporcionar los balaustres, según el modelo que se crea más á propósito ó convenga.

15. *Hierros guías*.—Llamados también *llantas con nervio*, son los expresados en las figs. 225, 225', 225'' y 225''', lámina 8.ª, los cuales guian ó encauzan las ruedas ó poleas, para que no se salgan de su curso ó dirección.

232. 16. *Rails ó rieles*.—Son las barras de hierro que se colocan á lo largo de un trayecto de ferrocarril, por encima de las cuales pasan precisamente las ruedas de los vehículos y las de las máquinas. Son muchas las formas y perfiles que se han estudiado, para la sección recta de los *rails*, y no hay duda, que atención hecha al uso y servicio especial que prestan semejantes hierros, la cuestión merecía, que así se hiciera, y así lograra la industria, formas especiales y determinadas, obedeciendo, ya á las condiciones de resistencia y ya también á las del empalme y su asiento. Las principales formas más usadas en los ferrocarriles de Europa y América son las siguientes:

a) *Rail de simple* T, que no difiere esencialmente de las barras ordinarias, de la misma denominación, vistas anteriormente.

b) *Rail de doble* T, que á su vez no viene á ser otra cosa que una barra análoga á la del mismo nombre que la representada en la fig. 209.

c) *Rail á simple seta* (fig. 235, lám. 9.ª)—Llámase así, por la forma de hongo ó seta con que termina hacia la parte superior, considerado en su sección recta, en la cabeza A. En rigor, resulta ser una modificación del de simple T, en la que, el platillo superior, se substituye, por superficies curvas de enlace con el alma, formando así en el corte la cabeza del rail en forma de seta. Para aumentar si cabe la inamovilidad del rail, hay ejemplares como el de la fig. 236 en donde la



parte inferior hay más creces, como á cuerpo saliente, que contribuye á fijar la pieza en el cojinete.

d) *Rail á doble seta*.—En el rail de doble seta (fig. 237), su sección recta, está efectivamente terminada superior é inferiormente, con la forma de un hongo ó seta, cuyo viene á ser modificación de la doble T, cuyos platillos ó nervios se substituyen por superficies cilíndricas tangentes al alma del rail. Este sistema, necesita también como el anterior el auxilio del cojinete. Hay muchas variedades de este perfil, dentro del principio de su forma, como puede verse comparando dos de ellas, como por ejemplo las de las figs. 237 y 238, en las cuales la segunda es el carril *Barberot*, tiene las setas más reducidas pero de mayor curvatura, como si tendieran lateralmente el arco de circunferencia, dejando con ello, al alma más descubierta, en sus planos verticales laterales.

Gran número de experiencias practicadas en los grandes talleres Decazeville, para comparar la resistencia de estos rails, dieron por resultado que: *en igualdad de peso, son más resistentes dos carriles de doble seta que los de simple seta.*

e) *Rail Vignolle ó americano*.—Verdaderamente es una modificación del de *Barberot*, consistiendo ella (fig. 238'); en que la seta ó nervio inferior se ensancha considerablemente, presentando así una base mayor de sustentación, ó patín, conforme llaman los franceses, así entre ellos, lo conocen también por *rail de Patin*. En la figura antedicha consta el trazado geométrico de dicho perfil, tal como lo concibiera su autor, con relación al valor de las curvaturas, á que alcanzan las líneas de que se compone, siendo este dibujo el más perfeccionado.

Hay muchas variaciones del *rail Vignolle*, así entre ellas se cuentan el *rail Karcher* (fig. 239), un poco más aplanado hacia la parte superior, adelgazando algo al hierro en el patín; el *rail Dupont* (fig. 240), más aplanada aun la seta en su cabeza, de grueso relativamente menor, puesto que la altura es más reducida; el rail (fig. 241), que construye y es tipo especial de la fábrica de la *Providence* (Francia), cuya cabeza presenta muy abultada absorbiendo en su tangencia gran parte del alma; el *rail Karscher y Westermann* que termina superiormente por un plano, sin ser éste tangente á los lados de la seta; y otros que sería prolijo enumerar, pero basta conocer el que más priva, cual es de la fig. 238', por ser el más perfeccionado.

También es notable el *rail Creusot*, por terminar el patín hacia la parte inferior en superficie cilíndrica cóncava y fué empleado en una vía militar que se dirige á Saint Clour (figura 242.

El *rail Vignolle* de simple seta y base plana, es el que ha producido más general aceptación, por sus mejores efectos, hecha comparación con los demás sistemas; y sobre este asunto no podemos menos de extractar lo que dice sobre el particular, el tan autorizado ingeniero alemán Mr. Conche: «Todo cuanto concierne, al establecimiento de la vía, ha sido estudiado en Alemania muchos años há con verdadera predilección y con más continuidad y método que en otros países, inclusa la Inglaterra. Parece á primera vista que sea este país el más dispuesto en materia de ferrocarriles, á presentar, modelos que poder estudiar; pero se debe confesar, no obstante, que en Inglaterra, la vía clásica, el carril sobre cojinetes, ha sido el resultado de la imitación.

»Lo que hoy se hace no es efecto de una opinión más ó menos razonada, sino la copia de lo que ayer se hacía por los constructores y fábricas, que tienen sus hábitos á que siempre es más fácil conformarse; mientras que la uniformidad en que se ha llegado en Alemania es el resultado de una larga serie de experiencias hechas en grande escala y bajo diferentes supuestos.

»El completo acuerdo entre los ingenieros alemanes en la discusión, constantemente guiada por la observación de los hechos, dá una favorable opinión, del sistema que liga casi todos los pareceres.

»Después de haber ensayado las diversas formas de carriles, han adoptado como preferible el *americano*, ó de base plana puesto sobre traviesas.

»Sus ventajas son las siguientes: 1.ª Su forma se aproxima bastante á la viga teórica de doble T, procurando más economía é igualdad de resistencia. 2.ª La supresión de cuñas de madera y cojinetes. 3.ª La facilidad con que las *eclisas* impiden el resbalamiento, á causa de la penetración de los pernos en el carril».

f) *Rail Brunel.*—La sección recta de este rail (figs. 243 y 244) aparece como en forma de una letra U invertida; por la forma que se le dá, en obra, el hierro está cuatro veces acodado. Aparece ser muy conveniente, atención hecha á su mucha base y porque la parte expuesta á la acción de las ruedas está bien reforzada, y sostenida en los puntos, por donde rompe el carril de seta. Se fija á todo su largo, sobre solera, de madera (puestas estas, sobre las traviesas que distan de 3 á 4 metros) por medio de pasadores á tuerca ó alcayatas como sucede al sistema americano.



Aunque las soleras tienen la ventaja de evitar el peligro, en caso de romperse el carril, presentan por otra parte varios inconvenientes graves que hicieron abandonar el sistema en Alemania. Las soleras son de excesivo coste y expuestas á desviarse, particularmente en las curvas de pequeño radio. El recebo de una vía de esta clase, es más difícil, que el de otra sobre traviesas, prestándose además con dificultad el carril, á la formación de curvas, como también á las exigencias de las vías, en terraplén, donde muchas veces, los empresarios prescinden de la solera; quedando expuesta la barra á romperse con facilidad, como sucedió, en el camino de hierro francés de Blesme á Gray. En fin las juntas son muy imperfectas y la fabricación más costosa que la de carriles ordinarios. Por ser hueco, produce más ruido en los trenes, que los de los sistemas macizos.

g) *Carril Barlow*, llamado también *carril de puente.*—Este se sienta regularmente sobre el balastro (1), pues á causa de sus dimensiones bastante grandes, pueden suprimirse la solera y las traviesas. Las juntas se forman por medio de sillas ó forros de hierro interiores, ó dos barras consecutivas, á las que se unen con roblones. Ambas barras de la vía se ligan entre sí, con otras de hierro á escuadra (fig. 245). La anchura en la base es de $0^{m}$'3, y en la parte superior $0^{m}$'06; su altura $0^{m}$'13, su longitud $5^{m}$, y su peso por metro corriente 49 kilos. Sin embargo tiene este carril, sus ventajas é inconvenientes; las primeras son:

1.ª La forma propia del carril, le dá suficiente elasticidad como lo indica, un ruido sordo del tren á su paso; con lo que también se demuestra una ausencia de trepidación.

(1) *Balasto.*—Es el material ó capa de arena ó piedra machacada ó menuda, destinada á dar elasticidad á la vía, si el subsuelo es de roca ó fábrica, y una base sólida que no se convierte en barro ó lodo si es terroso. Su objeto es mantener la vía más seca posible. Cuando es de arena conviene que ésta no sea ni muy fina, ni muy arcillosa. Toda substancia permeable es propia para hacer *Balasto*. El espesor en general es de $0^{m}$'40 y su ancho depende del que tenga la vía, no siempre ha de cubrir la cabeza de las traviesas.

2.ª Que el número de ensambles es menor que en una vía ordinaria.

3.ª Que no se ha observado en práctica el que estos carriles estén sujetos á romperse.

4.ª El hallarse el carril clavado en el balastro, se opone al calentamiento y dilatación.

5.ª Según Mr. Brunel, el carril Barlow, tiene por lo menos igual duración que el ordinario de seta.

En cuanto á los inconvenientes pueden reasumirse en los siguientes:

1.° Los carretes son menos elásticos que los ordinarios, por la diferencia de elasticidad del material sobre que asienta.

2.° Siendo sus elementos muy movibles y por consiguiente la vía más instable, su duración es corta.

3.° Los carretes, son de más difícil fabricación que los ordinarios, sobre todo con el hierro duro, que debe entrar en la composición de sus elementos para resistir bien á los rozamientos.

4.° Se rompen con facilidad.

5.° No se prestan á la dilatación, exponiéndose por lo tanto á encorvarse en los tiempos calurosos.

6.° No se pueden utilizar en trabajos de terraplenes como los carretes ordinarios.

7.° Es difícil y en algunas partes imposible, hallar un balastro apropiado, para llenar el interior del carril, no siendo conveniente emplear para esto la piedra machacada.

8.° Tiene el carril iguales dificultades que el *Brunel*, para las curvas de pequeño radio, como también para servir, en terraplenes y cambios de vía.

Los maquinistas se quejan, de que es un sistema rígido, por tener sus juntas remachadas.

h) *Rail Wendel*—Es el más sencillo de todos los que se han empleado y basta por su simplicidad, representarlo en su sección recta en la fig. 246.

i) *Rail Loubat.*—Es este rail de la clase de los hendidos figs. 247 y 247', como formando canal, y pueden tener formas variadas, en su sección recta, y nosotros adoptamos como á tipo el de M. Loubat. Los rails hendidos, son generalmente destinados, para emplearse, en las calles ó vías de las grandes ciudades, sirviendo de guia á los *Tranvays*.

233. Laminador.—Por medio de este aparato ó máquina, es que se logran la fabricación de estas hojas tan delgadas que llamamos *palastro*, así como también el poder obtener las viguetas y carriles de hierro. El laminador, en resumen, se compone, de dos cilindros de fundición dura, ó acero, que se ponen en movimiento en sentido contrario, entre los cuales se colocan hojas de hierro fig. Q'' para hacerlas más delgadas por la presión que sobre ellas ejercen los cilindros.



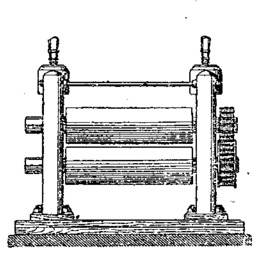


Fig. Q''

Los cilindros están dispuestos uno encima del otro, aunque un poco separados entre sí, cuya distancia puede variarse ó graduarse, con el auxilio de un tornillo de presión que actúa sobre los cojinetes, que se hallan en un bastidor de hierro, que forma el armazón del aparato.

El movimiento de rotación de los cilindros, en sentido opuesto uno del otro; se produce por el intermedio de ruedas dentadas de que están provistos sus ejes, y se les hace girar á razón de 60 ó 80 vueltas por minuto, para el trabajo del hierro. Ahora bien, se comprende fácilmente, que si se coloca en el pequeño interespacio de los cilindros, una chapa de hierro de grueso algo mayor, que el hueco de dicha separación, poniéndose á la vez en movimiento los cilindros, la fuerza del rozamiento los arrastrará adelgazándola; y como quiera que la superficie de los cilindros, está perfectamente torneada, la lámina saldrá también perfectamente plana por sus dos lados. Esta chapa ya adelgazada por la primera operación, puédese luego hacerla pasar otra vez entre los dos mentados cilindros, haciendo que se reduzca más el espacio de separación que existía entre ellos, valiéndose del tornillo de presión que más antes se ha indicado, y ya habiendo hecho la chapa, se habrá adelgazado más; y se repetirá semejante operación, hasta obtener una lámina de hierro del grueso que nos hubiéramos propuesto.

Mas ya hemos indicado también, que hoy día existen laminadores para no solamente hojas, sino también barras y carriles de sección determinada, bastando para ello, que los cilindros lleven consigo unos cuerpos salientes, como manguitos y formando masa con ellos, y de tal modo colocados,

que entre ellos, esto es, entre los superiores é inferiores, dejan unos huecos con la forma de la sección que se quiera dar á la barra y de modo que al girar la superficie cilíndrica, engendra superficies de revolución, cuyo meridiano deja huella de su forma en todas las posiciones que toma la barra, al ser estirada en el movimiento de traslación. Estos manguitos como se comprende, no son otra cosa también que cuerpos de revolución. Véase la fig. R″ en donde se representan dos ejemplos de laminadores, el primero á propósito para laminar barras de sección exagonal, y el segundo para fabricar rails de doble seta; en ambos se notarán varios huecos que van de mayor á menor, pero todos semejantes, empezando á introducir el metal en el hueco mayor, y pasado ya por éste, habiéndose amoldado á su sección, se introduce luego en el hueco inmediato más reducido, y concluyendo con éste, al tercero, y así sucesivamente hasta á obtener la barra con el grueso preciso que se desee.

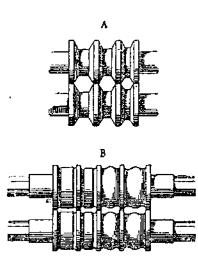
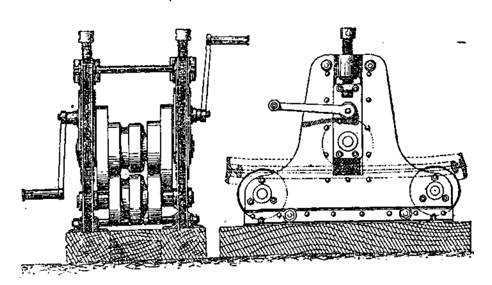


Fig. R″

La fig. S″ muestra un laminador para laminar rails del sistema Vignolle, más aquí precisa cambiar de cilindros para pasar de una sección mayor á otra menor, hasta obtener el calibre prefijado.

Como quiera la operación de laminar los carriles y tra-


Fig. S″

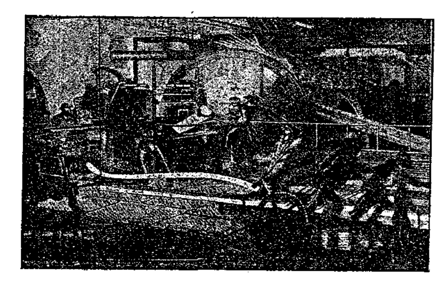
bajos previos para los mismos, son entre todas las de su género quizá las más complicadas, nos concretaremos precisamente á ellas, siendo con ello bastantes las explicaciones que sobre el asunto se dan para hacer comprender, otras



análogas, y tomando como á régimen de todas ellas, lo que sobre este asunto indica el peritísimo ingeniero Sr. Barinaga en su *Curso Completo de Metalúrgica* (1), así como la descripción que sobre este particular hace M. Garnier, en su obra titulada *El Hierro*.

---

(1) Al forjar los trozos de hierro en el martillo pilón, se tiene cuidado de hacer que uno de sus extremos sea más delgado que el otro; cuando están calentados al rojo vivo en el horno de recalentar, el maestro laminador los toma con sus tenazas por el extremo más grueso, é introduce el otro por la primera acanaladura del primer par de cilindros, ó lo lleva á él, si el trozo es muy pesado en un carro de mano: arrastrando el trozo por el movimiento de los cilindros, la barra, groseramente forjada, atraviesa la acanaladura, y toma naturalmente la forma y dimensiones de ella. Los operarios colocados en el otro lado del laminador (fig. T″) la van recogiendo; y una vez que ha pasado toda, la vuelven al sitio donde está el maestro por arriba ó por abajo de los cilindros, generalmente por arriba, á fin de que en el movimiento del superior ayude la maniobra, que es muy penosa, por tener la barra un peso considerable, y por hallarse á muy elevada temperatura.


Figura T″

Vuelta al lado por donde se debe introducir en el laminador, se coloca en la acanaladura inmediata á aquella por donde se paró antes, y se repite la operación hasta dejar la barra de las dimensiones que se desean.

El trabajo de pasar la barra por sobre el laminador cada vez que se introduce en una de las acanaladuras, obliga á hacerla mover dos veces para cada paso, y á fin de evitar esto, con el ahorro consiguiente de tiempo y de dinero, se han modificado en algunos puntos los laminadores, haciendo que por medio de conexiones convenientemente dispuestas puedan girar alternativamente en un sentido, y en el otro; esta disposición permite que, una vez pasada la barra por una acanaladura, se cambie el sentido del movimiento, y se introduzca por la siguiente sin necesidad de volverla al lado por donde se introdujo al principio. Sin embargo, este sistema no se ha generalizado mucho, por la dificultad que presenta en la práctica el hacer, á cada paso esas conexiones y por lo mucho que se deterioran los aparatos.

Mejores condiciones presenta el sistema llamado de *trios*, en el cual los cilindros en lugar de dos son tres, colocados uno sobre otro; las ba-

En la fig. T″ demuestra un tren de laminadores para carriles en plena acción. En el centro se vé el volante de la má·

---

rras que pasan primero por entre el central y el inferior, vuelven luego al lado de donde proceden, por entre el central y el superior; y de este modo, sin necesidad de cambiar el sentido del movimiento, se puede hacer que la barra se lamine al ir y al venir, economizando una gran cantidad de fuerza.

Sin embargo, tampoco los *tríos*, se han generalizado mucho, porque también presentan algunos inconvenientes, entre ellos uno de mucho bulto, cual es el de no dar fácil salida de las escorias, que conserva interpuestas la barra, sino más bien concentrarlas casi todas en el centro de la misma. Cuando se lamina una barra en los laminadores ordinarios, las escorias van recorriendo las fisuras interiores á partir del extremo que se introduce primero entre los cilindros y vienen á salir por el extremo opuesto; pero una gran porción de ellas queda interpuesta en esta parte, entre las partículas de hierro, de tal modo, que cuando se trata de carriles ó de otras barras que no deben sufrir un forjado ulterior, hay necesidad de cortar una gran longitud por este extremo; si á cada paso por entre los cilindros el extremo que contiene este exceso de escorias, se introduce el primero en la acanaladura siguiente, como hay necesidad de hacerlo en los tríos, las escorias vuelven hacia el centro de la barra y no acaban de expulsarse nunca. A consecuencia de esto, se ha reconocido en muchas fábricas francesas, que los carriles fabricados en *tríos*, se exfoliaban mucho antes que los otros. También presenta esta clase de laminadores el inconveniente de no dar nervio al hierro fabricado en ellos, por una razón análoga, á la indicada en el párrafo anterior.

Terminado el trabajo de las barras por los medios que se acaban de indicar, queda el hierro en estado que se conoce con el nombre de *hierro bruto*; para dejarle en el estado de *hierro del comercio* es necesario someterle todavía á un trabajo de conclusión, que le dé las condiciones exigidas en esta clase de productos.

Las barras de hierro bruto obtenidas por medio de los laminadores ó por el martinete, si se trata de hierros procedentes de forjas catalanas ó de hornos de afino, se cortan en trozos de 20 á 30 centímetros de longitud, sea en frío ó en caliente, y después se reunen los trozos en paquetes, en los cuales se colocan barras de diferentes calidades; se calientan hasta el rojo blanco, á cuya temperatura pueden soldarse unas con otras; y se someten después, según los casos, á la acción del laminador, del martinete ó del martillo pilón, á fin de formar con ellas una sola pieza que participe de las propiedades de todas las barras empleadas para formarla.

Los hornos que se emplean para calentar las piezas, se llaman, á consecuencia del objeto á que se destinan, *hornos de recalentar*. Son comúnmente hornos de reverbero, de forma muy semejante á los de pudelar; pero que por regla general tienen dos puertas, colocadas una frente á otra, en los lados largos; de esta manera se consigue colocar en el centro de la plaza la parte de las barras que se quieren soldar,



quina motora de los cilindros laminadores; la celeridad y el peso de ese receptáculo de fuerza, son aquí tanto mayores,

---

aun cuando éstas sean mucho más largas que la anchura del horno. Según el mayor ó menor peso del martillo que se va á emplear, pueden caldearse las barras en una extensión mayor ó menor porque es fácil comprender que no debe pasar la calda, de aquella longitud que se pueda golpear lo bastante para que queden perfectamente adheridas unas á otras; si se caldeara una extensión mayor y la longitud del movimiento del martillo diera lugar á que volviera á enfriarse antes de que se hubiera podido golpear sobre ella, es claro que todo el combustible empleado hubiera sido completamente perdido y además se hubiera oxidado una porción de hierro sin utilidad alguna.

Existen algunas localidades en que el recalentamiento se hace en forjas sencillas, pero de dimensiones bastante grandes, en los cuales se colocan los paquetes cubiertos por una capa de hulla que forma sobre ellos una especie de bóveda cuando se aglutina al quemarse; y cuando no se dispone de hulla buena, se construye sobre la forja una bovedilla de ladrillos; bajo la cual se ponen los paquetes envueltos en cok; pero cualesquiera que sean las dimensiones de la forja, siempre resulta que las caldas tienen muy poca extensión, y que no se puede usar económicamente este método, sino cuando los martillos son de muy pequeñas dimensiones y de poca potencia.

Los paquetes que han de recalentarse, se rodean con varillas ó alambres de hierro, según sus dimensiones, y se manejan por medio de grúas que los sostienen en el horno, y los llevan después en el yunque en donde han de sufrir la acción del martillo. Para volverlos sobre éste, se hace uso de grandes palancas, que se apoyan en uno de los extremos en las barras.

La primera forja del batido, se hace siempre bajo el martillo, ó el martillo pilón; pero cuando se trata de barras puede continuarse el estirado en los laminadores, en los cuales, según se trate de obtener unas ú otras clases de productos, se forman barras redondas, cuadradas, almendradas, ovales, de sección rectangular más ó menos apanadas carriles... etc.; dando para ello naturalmente á las acanaladuras de los cilindros la forma conveniente, según la sección que se trata de conseguir.

Cuando la sección es un cuadrado ó rectángulo, es decir, cuando de tener, una vez concluída la barra, la misma forma que se le dió en un principio, las acanaladuras son todas semejantes, y sólo varía su tamaño, que va decreciendo á medida que se aproxima á uno de los extremos del acanalador; pero cuando ha de ser una forma especial, por ejemplo, la de un carril de simple ó doble T... etc., las acanaladuras es necesario que comiencen por tener una forma semejante á la que tiene la barra formada por la reunión de las diversas piezas que constituyen el paquete, y luego se va transformando poco á poco esta sección, en la que ha de tener la barra concluída. Es difícil que pueda conseguirse la transformación en menos de 11 á 12 acanaladuras.

En los casos que se trata, conviene también en tener un gran esme·

cuanto que el trabajo exige una pieza más irregular. Los hombres trabajan la masa de hierro, en el *laminador adelgazante*, y ya puede juzgarse por su forma que ha pasado, por una ó dos estrías, y que comienza á adelgazarse.

En un plano más inmediato, está el carril con las estrías de *terminación*; sale entonces fuera de la presión de los laminadores como una serpiente de fuego; los hombres armados de tenazas y palancas, le giran y le ponen entre estrías de sección cada vez más reducidas.

En fin en el último *paso* tiene su *perfil* definitivo. Se le

ro en la confección de los paquetes. que deben contener una clase especial de hierro por cada una de las partes de la barra.

Así, por ejemplo, si se trata de carriles de forma de seta, la parte superior que ha de estar en contacto con las ruedas de los carruajes, y que, por lo tanto, es la más expuesta al desgaste, se ha de procurar que sea de buen hierro duro y granudo, mientras la parte inferior se ha de hacer de hierro de nervio, que resiste mejor á los esfuerzos de compresión y tracción únicos que sufre esta parte. Así es que, al formar los paquetes, se hace de manera que en el punto correspondiente á la parte superior del carril se coloquen barras de hierro granudo y fuerte, mientras que al pie corresponden otras barras de nervio.

Una vez terminados los carriles ó las barras, y mientras están todavía muy calientes, se colocan sobre una plancha de hierro colado, y se golpean con gruesas mazas, á fin de quitarles las curvaturas que puedan haber adquirido en el trabajo. Cuando se trata de carriles, se cortan antes á la longitud conveniente por medio de dos sierras circulares, colocadas á la distancia oportuna, cuyas hojas están sumergidas en agua por la parte inferior para que por efecto del trabajo y del contacto con las barras enrojecidas, no se destemplen y pierdan la dureza necesaria para conseguir el objeto á que se destinan.

De una manera análoga á la empleada para forjar las barras se forjan las chapas de hierro, las barras chatas ó pletinas, los flejes. . etc. y cualquiera que sea el producto que se vá á obtener, el hierro necesita recocerse de tiempo en tiempo para que no resulte quebradizo.

Así como en las barras es necesario cortarlas todas ellas en la tijera á una longitud conveniente, en las chapas se deben igualar también respecto á la anchura. Excusado es decir que á esta fabricación se destinan las mejores calidades de hierro, puesto que, dado el poco espesor que tienen, se enfriarían demasiado pronto, si tuvieran que laminarse al rojo; no para hacerlas más fácilmente maleables, sino para evitar que se endurezcan demasiado.

Tanto la formación de los paquetes, como su recocido, el trazado de las acanaladuras de los cilindros, cuando las barras han de cambiar en ellos la forma de su sección, y todo el trabajo mecánico del hierro necesita precauciones muy grandes y cuyo estudio nos llevaría muy lejos.



lleva después rápidamente á una mesa de fundición enteramente horizontal, se le martillea con gruesos martillos de madera para enderezarlo bien, y después se le acerca sucesivamente por un extremo en una sierra circular de movimiento rapidísimo que corta en su longitud el carril definitivo, haciendo saltar multitud de chispas de hierro.

Todo esto se hace con tanta presteza, que saliendo el hierro del horno en el estado de paquete informe compuesto de diversas piezas, se llega inmediatamente, y en pocos minutos, á obtener un carril pronto para el servicio.

En estos trabajos, el forjador está expuesto á un gran número de contratiempos, por los que es un oficio, de gran voluntad y sacrificio, para quien lo ejerza. En efecto, si no tiene mucha cautela, puede ser cogido, entre los engranajes y entre los laminadores. El volante, pieza de fundición cuyo peso excede á veces de 60,000 kilogramos, y que puede girar á razón de muchos centenares de vueltas por minuto, estalla algunas veces lanzando á lo lejos sus fragmentos que llevan á toda la fábrica la destrucción y la muerte.

Otro de los accidentes quizás el más temible es la explosión de sus calderas. Se adoptan las mayores precauciones para fabricar estos aparatos en que se produce y queda aprisionado el vapor que anima las máquinas. La chapa de hierro que las compone, sufre de antemano experimentos que demuestran su buena calidad; se examina ante todo con el mayor cuidado su superficie para asegurarse de que no tiene ningún defecto y después se somete igualmente á minucioso examen el espesor, para ver si tiene el suficiente para resistir una presión mucho más elevada que la que normalmente se le haya de dar.

Por lo general los hornos de pudelar, de recalentar el hierro... etc., tienen dispuestas calderas colocadas verticalmente y caldeadas por las llamas, antes de que éstas vayan á perderse en la atmósfera.

234. **Columnas y objetos de fundición.**—Las principales fábricas en donde se elaboran objetos de hierro fundido, tienen siempre en depósito, gran número de piezas hechas y de variados modelos, para poder servir á sus clientes, siempre que éstos vengan obligados por las circunstancias á hacer los pedidos correspondientes. Claro es, que todas estas piezas, han de reunir la precisa condición, de ser dable su empleo á usos generales, que lo mismo sirvan para una ú

otra construcción. Así, hay diversas clases de *balaustres* para balcón ó escalera, *llamadores* para puertas principales, *medallones* para determinados centros decorativos; *columnas* de alturas y diámetros variados, etc., etc. Estas últimas son las que más nos conciernen, por lo que diremos cuatro palabras respecto de tan importante detalle de construcción, y dentro de la parte que estrechamente se relaciona con la índole de este libro.

Las columnas generalmente se construyen de hierro fundido, y son de dos clases que son: Macizas ó llenas, ó bien huecas ó con anulo; sin embargo, esto no obsta para que no dejen de construirse con simple hierro, como efectivamente así se practica en ciertos y determinados casos.

Gran número de experiencias prácticas, hechas por Love, Hodgkinson y otros, han aportado valiosos datos, que indican el modo, como se conduce el hierro forjado y fundido cuando se le somete á esfuerzos de compresión, y hasta si se quiere, llegar al límite ó aplastamiento, y con semejante auxilio, se han podido sentar valiosas reglas para que sirvieran de guía en la construcción de las columnas; aquéllas pueden concretarse á las siguientes:

1.ª Si varios cuerpos prismáticos y semejantes se les somete á un mismo esfuerzo de compresión, sus resistencias respectivas serán entre sí como la superficie comprimida.

2.ª Cuando la altura de un cilindro, no exceda del cuádruplo del diámetro de dicho cilindro, entonces la resistencia de éste, si es de hierro forjado, variará entre 25 y 40 kilos por milímetro cuadrado de sección, y si es de fundición variará entre 45 y 111 kilos. Semejante resultado, nos hace ya notar desde luego, la *superioridad del hierro fundido, sobre el forjado para la construcción* de apoyos, que sólo hayan de sufrir compresión, como las columnas.

3.ª Cuando la relación entre la altura y la base excede de la antes mencionada, la resistencia disminuye á medida que la altura aumenta, y la ruptura va precedida de una flexión.

4.ª Se puede aumentar la resistencia en un séptimo, en un apoyo ó columna, dándole un ensanche suficiente en el centro de su altura.

5.ª El hierro fundido, resiste mejor que el forjado á la respectiva compresión; pero esta ventaja es tanto menos apreciable, en cuanto que la relación entre la altura y la base sea mayor; cuando esta relación llega al extremo de ser la altura igual á 32 veces el diámetro ó lado de la base, la resistencia que ofrecen el hierro fundido y el forjado son iguales, y si pasa de este número, las ventajas están de la parte del segundo.



En las columnas, la forma cilíndrica hueca es á igualdad de dimensiones y pesos, la más ventajosa y económica; es, sin embargo, preciso que el espesor de la columna, sea uniforme, y esta condición es tanto más difícil de llenar, cuanto más alta deba ser aquélla.

La práctica, indica límites de los que no es prudente apartarse, para los gruesos del hierro en las columnas huecas de fundición, según las alturas que hayan de tener; estos espesores son:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Altura de columna en metros. | 2 á 3; | 3 á 4; | 4 á 6; | 6 á 8. |
| Grueso del hierro en milímetros. | 12 | 15 | 20 | 25. |

6.ª Comparando los experimentos llevados á cabo por Hodgkinson, Mr. Love, ha deducido la ley práctica siguiente, referente á la relación que puede existir entre las columnas macizas y las huecas:

*La resistencia de una columna hueca, es igual á la diferencia de las resistencias de dos columnas macizas que tengan por diámetro, una el diámetro exterior y la otra el diámetro interior.* (Cabe aquí observarse que esta ley de la experiencia, es igual para los sólidos vaciados sometidos á la flexión, como por ejemplo, las vigas de palastro, ó en hierro de T, cuya resistencia es igual á la del sólido completo disminuído en la resistencia del sólido que pudiera ocupar el vacío).

7.ª Del anterior hecho se desprende la importante consecuencia, de gran importancia en la práctica de las construcciones; y es, que de dos columnas formadas con la misma cantidad de material, la una maciza y la otra hueca, ésta siempre será más resistente que la primera.

Semejante resultado, puede tener, también á parte de los hechos incontrovertibles de la práctica, su razón teórica ó científica, y así es, atendiendo que la carga de ruptura es proporcional al momento de flexibilidad, la cual es mayor, á igualdad de área, para una sección anular que para otra de sección llena circular.

Mas, á parte, de tan importante hecho, se comprende también que las columnas huecas á igualdad de materia, han

de ser más resistentes que las macizas, por el sólo precedente de su misma fabricación. En efecto, al fundir una columna maciza, su superficie se enfría más rápidamente que la materia que rodea al centro ó eje; resultando así, que en definitiva, la columna viene á estar constituída por una serie de capas concéntricas, cuya dureza y por lo tanto su resistencia, disminuye gradualmente desde la periferie al núcleo ó centro; deduciéndose de aquí, que en una pieza ó columna de espesor relativamente menor y que ofrezca por lo tanto en sus dos superficies interior y exterior, un enfriamiento más regular y casi homogéneo, ofrecerá más resistencia que otra columna llena de sección equivalente.

Es á la par que curioso, de gran interés y utilidad, el consultar los cuadros gráficos que dan la resistencia de las columnas de fundición macizas y huecas, según sus alturas, diámetros y sus espesores: cuyos cuadros evitan á los constructores toda clase de cálculos.

La formación de estos cuadros se fundan en las notables fórmulas publicadas por Mr. Love y dispuestas de acuerdo con los experimentos de Hodgkiston.

La fórmula de Mr. Love, referente á las columnas macizas de fundición es la siguiente:

$$R = \frac{C}{1'45 + 0'00337\left(\frac{L}{D}\right)^2} \qquad (a)$$

En esta fórmula C = S K = al producto de la sección trasversal S, expresada en centímetros cuadrados de la columna, por el número K coeficiente de seguridad, igual á $\frac{1}{6}$ de la carga de rotura.

L y D expresan respectivamente la longitud y el diámetro de la columna en metros.

R representa la carga de la columna en kilogramos.

Para la fundición, la *carga de rotura á la compresión*, por centímetro cuadrado de prisma, varía entre 7,500 y 8,000 kilos; adoptando el coeficiente de seguridad igual á $\frac{1}{6}$ de 7,500 kilos tendremos:

$$K = \frac{1}{6} \times 7{,}500 = 1{,}250 \text{ kilogramos}$$



y la fórmula (*a*), para las columnas macizas de fundición será

$$R = \frac{1250 \cdot S}{1'45 + 0'00337\left(\frac{L}{D}\right)^2} \qquad (b)$$

Ahora bien, en virtud de la ley deducida por Mr. Love, y enunciada en el sexto extremo de este párrafo para con respecto á las columnas huecas, se podrá ya establecer una fórmula especial para ellas y será:

$$R = \frac{S\,K}{1'45 + 0'00337\left(\frac{L}{D}\right)^2} - \frac{S'\,K}{1'45 + 0'00337\left(\frac{L}{D'}\right)^2} \qquad (c)$$

En la cual, $S = \pi \frac{D^2}{4} \cdot S' = \pi \frac{D'^2}{4}$ · siendo D y D', los diámetros exterior é interior.

Así, si suponemos, que S, sea la sección de una columna maciza, cuya sección tenga una superficie de 2 centímetros; y que S', representa la sección, de cabida 1 centímetro cuadrado correspondiente á una columna, también maciza, referente al alma de la primera, entonces tendremos:

$$S = 2 \text{ centímetros cuadrados} = \pi \frac{D^2}{4}$$

$$S' = 1 \text{ centímetro cuadrado} = \pi \frac{D'^2}{4}$$

Y de ahí resultará $D^2 = 2D'^2$

En equivalencia de estos valores y haciendo K = 1,250 kilos la fórmula (*c*) se convertirá en la siguiente que expresa la resistencia por centímetro cuadrado de las columnas huecas:

$$R = 1250\left(\frac{2}{1'45+0'00337\left(\frac{L}{D'}\right)\times\frac{1}{2}} - \frac{1}{1'45+0'00337\left(\frac{L}{D'}\right)}\right) \quad (d)$$

y multiplicando los resultados dados por esta fórmula, por la sección verdadera de la columna hueca, obtendremos la carga total.

Con estas fórmulas á nuestra disposición, podemos también sentar otra nueva propiedad. En efecto según las fórmulas (*b*) y (*d*), la carga por centímetro cuadrado de una colum-

na de fundición, tanto maciza como hueca, disminuye á medida que la razón $\left(\frac{L}{D}\right)$ de su altura al diámetro exterior aumenta. La carga pues, no depende sino de esta razón; así es, que si para dos columnas macizas ó huecas se da esta razón igual, la carga por centímetro cuadrado es la misma para cada dos columnas de cada especie.

*CUADRO de las dimensiones de las columnas macizas, de hierro, y de fundición, así como la expresión de las cargas, que pueden soportar con seguridad.*

| Diámetro centímetros | Altura centimetros | Relación de L: altura D: Diámetros | Superficie de la sección | Cargas por centímetro cuadrado: Fundición | Cargas por centímetro cuadrado: Hierro | Cargas totales kilos: Fundición | Cargas totales kilos: Hierro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 200 | 33 | 28c'27 | 244 | 286 | 6898 | 8085 |
| » | 300 | 50 | » | 126 | 214 | 3562 | 6049 |
| 8 | 200 | 25 | 50'26 | 351 | 351 | 17641 | 17641 |
| » | 300 | 37 | » | 206 | 268 | 10353 | 13469 |
| » | 400 | 50 | » | 126 | 214 | 6332 | 10755 |
| 10 | 300 | 30 | 78'54 | 278 | 300 | 21834 | 23562 |
| » | 400 | 40 | » | 182 | 255 | 14294 | 20027 |
| » | 500 | 50 | » | 126 | 214 | 9896 | 10807 |
| 12 | 300 | 25 | 113c'09 | 351 | 351 | 39694 | 39694 |
| » | 400 | 33 | » | 244 | 286 | 27593 | 32343 |
| » | 500 | 41 | » | 175 | 251 | 19790 | 29385 |
| » | 600 | 50 | » | 126 | 214 | 14249 | 24201 |
| 14 | 400 | 28 | 153'93 | 305 | 305 | 46948 | 46948 |
| » | 500 | 35 | » | 224 | 277 | 34480 | 42638 |
| » | 600 | 43 | » | 162 | 242 | 24936 | 37251 |
| 15 | 400 | 26 | 173'71 | 335 | 335 | 58192 | 58192 |
| » | 500 | 33 | » | 244 | 286 | 42385 | 49681 |
| » | 600 | 40 | » | 182 | 255 | 31615 | 44296 |
| 16 | 400 | 25 | 201'06 | 351 | 351 | 70572 | 70572 |
| » | 500 | 31 | » | 266 | 295 | 53481 | 59312 |
| » | 600 | 37 | » | 206 | 268 | 41418 | 53884 |
| 18 | 400 | 22 | 254'46 | 405 | 405 | 103052 | 103052 |
| » | 500 | 27 | » | 335 | 335 | 85241 | 85241 |
| » | 600 | 32 | » | 255 | 291 | 64885 | 74045 |
| 20 | 400 | 20 | 314'15 | 446 | 446 | 140111 | 140111 |
| » | 500 | 25 | » | 351 | 351 | 110267 | 110267 |
| » | 600 | 30 | » | 278 | 300 | 87334 | 94245 |
| » | 700 | 35 | » | 224 | 277 | 70370 | 87020 |

Además, partiendo de estas mismas fórmulas, sobre las columnas de fundición, se sigue, que si la razón entre la altura de la columna y su diámetro es constante, la carga por centímetro cuadrado, es también constante; de donde resulta que para dos columnas macizas semejantes (altura y diámetro proporcionales), la carga por centímetro cuadrado de sección transversal es la misma, y las cargas totales, son proporcionales á las secciones, ó sea á los cuadrados de los diá-



metros. Así, á todas las dimensiones de una columna se reducen á la mitad, la resistencia se reduce á la cuarta parte.

Hoy día casi puede decirse, no se emplean las columnas macizas de fundición, y dado caso de echar mano de ellas, rara vez exceden de 6$^{m}$ en altura y de 12 centímetros de grueso ó diámetro; suelen en general estar dispuestas (fig. 408) para recibir las vigas maestras de los suelos, por medio de ménsulas fundidas con ellas formando un solo cuerpo. Es conveniente que las basas y capiteles de las columnas, se fundan con la misma pieza formando un solo cuerpo; estas partes suelen llevar apéndices ó salientes, que permiten emplomarlos y sujetarlos por sus extremos á la construcción, con la que deben ir enlazados.

*CUADRO de las dimensiones de las columnas huecas, de fundición y de las cargas de seguridad que pueden resistir.*

| Diámetros exteriores en centímetros | Grueso de la pared del hierro en milímetros | Diámetro interior en centímetros | Altura en centímetros | Relación de L: altura D: Diámetros | Sección en centímetros | Carga por centímetro cuadrado kilos | Carga total de las columnas kilos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 12 | 9,6 | 300 | 25 | 40'715 | 481 | 19584 |
| » | 14 | 9,2 | 400 | 33 | 46'621 | 346 | 16130 |
| » | 15 | 9,0 | 500 | 42 | 49'480 | 244 | 12073 |
| » | » | » | 600 | 50 | » | 185 | 9153 |
| 14 | 12 | 11,6 | 350 | 25 | 48'255 | 481 | 2321 |
| » | 14 | 11,2 | 400 | 29 | 55'418 | 407 | 22555 |
| » | 15 | 11,0 | 500 | 36 | 58'905 | 307 | 18084 |
| » | 16 | 10,8 | 600 | 43 | 62 329 | 235 | 14647 |
| » | » | » | 700 | 50 | » | 185 | 11531 |
| 15 | 13 | 12,4 | 400 | 27 | 55·952 | 443 | 24787 |
| » | 15 | 12,0 | 450 | 30 | 63 617 | 390 | 24811 |
| » | » | » | 500 | 34 | » | 332 | 21121 |
| » | 16 | 11,8 | 600 | 40 | 67'356 | 262 | 17647 |
| » | 18 | 11,4 | 650 | 43 | 74·644 | 235 | 17541 |
| » | » | » | 700 | 47 | » | 204 | 15227 |
| 16 | 15 | 13,0 | 400 | 25 | 68 330 | 481 | 32[illegible]67 |
| » | 16 | 12,8 | 500 | 31 | 72 382 | 375 | 27143 |
| » | 18 | 12,4 | 600 | 37 | 80'300 | 298 | 23929 |
| » | 19 | 12,2 | 700 | 44 | 84 663 | 227 | 19105 |
| » | 20 | 12,2 | 800 | 50 | 87'965 | 185 | 16274 |
| 18 | 15 | 15,0 | 400 | 22 | 77'754 | 545 | 42376 |
| » | 16 | 14,8 | 500 | 28 | 28 435 | 425 | 35035 |
| » | 18 | 14,4 | 600 | 33 | 91'609 | 346 | 31697 |
| » | 20 | 14 0 | 700 | 39 | 100'531 | 273 | 27445 |
| » | 22 | 13,6 | 800 | 44 | 100'202 | 227 | 24789 |
| » | 24 | 13 2 | 900 | 50 | 117·622 | 185 | 21760 |

Las columnas huecas tienen dimensiones más variables que las que se han consignado para las macizas; tienen la ventaja de presentar un aspecto mas estable y monumental, pudiendo además utilizarse como tubos de bajada de aguas

(figuras 406 y 407) con solo tener cuidado de adoptar algunas disposiciones especiales en sus bases.

Para los diámetros que excedan de 40 centímetros, se hacen estas columnas por trozos de 2 á $3^m$, ensamblados entre sí, por medio de bridas y tornillos; de este modo, están dispuestos los pilares de los puentes de hierro, de fundición tubular, muy empleados en las modernas construcciones.

Las columnas deben asentar sobre un dado de piedra perfectamente plano, ó sobre una placa de fundición con patillas para emplomarla.

Cuando el caso lo requiere, se ornamenta á toda la columna (fig. 409) tanto en la base, como en el fuste y columna, al objeto de que armonice con la importante ornamentación con que está dotado el conjunto de la obra Los ornatos del capitel, cuando tienen una importancia notoria, y al objeto de no complicar la operación al tener que fundir una gran pieza, en que los muchos salientes son causa de lo vulnerable de estos detalles; se funden aparte y se enlazan después con la pieza principal. Por regla general los adornos y molduras de fundición adjuntos con la misma pieza, conviene sean lo más sencillos posibles, sin contornos bruscos ni ángulos entrantes, y salientes pronunciados.

La parte superior de la columna (figs. 406, 408 y 409), se dispone para recibir el ensamble del resto de la construcción.

Cuando la columna, haya de tener un diámetro muy reducido, y además esté sujeta, por la índole especial, del edificio de que forma parte, á participar de muchas vibraciones, entonces será preciso, construirla de hierro forjado.

También se construyen columnas *en cruz*, esto es aquellas en que su sección recta afecta la forma de una cruz, como la de la fig. 416 que pertenece á la estación del camino de hierro de San Germán, y su empleo, viene en especial indicado, en la construcción de los edificios industriales, en donde tienen lugar frecuentes vibraciones, y en efecto, comparadas ellas con las columnas huecas, no corren el riesgo como así puede suceder con estas últimas, de salir algún tanto defectuosas, en virtud de algún movimiento del alma ó *noyo* de la columna, así como también en el caso de salir la columna de la fundición, con algunas imperfecciones éstas, son más fáciles de ver ó llamar la atención, en la columna en cruz que no en la hueca. La cruz, está formada por cuatro nervosidades, que corren verticalmente á todo lo alto de la columna, evitando un zócalo y capitel, simplificando así la forma y el trabajo cuya operación de fundir no exige tanta pulcritud. El fuste de esta columna se le dá un cierto galvo, hacia la parte central, de modo que aparezca algo panzuda. Sin embargo otras veces, no se excluyen como en el caso anterior el zócalo y capitel, y entonces la columna aparece más proporcionada y esbelta, como de ello dá un ejemplo las figs. 412 y 412' que representa el modelo de una de las columnas de la fábrica de tabacos de Strasbourg.



**235. Ensambles especiales de Mr. Barberot.**—Este autor, cuya práctica en las construcciones metálicas, es de todos reconocida, ha propuesto gran número de tipos de enlace, después de haberlos empleado con creciente éxito, en las construcciones que tuviera bajo su cuidado y dirección.

Gran parte de estos ejemplos se refieren á los ensambles de vigas ó jácenas, con columnas de fundición. Veremos sucintamente las más principales.

*a*) (Lám. 18 bis, figs. 580 y 580').—Sobre la cabeza, ó capitel de la columna A, exigen las circunstancias que se enlacen, dos jácenas B y B' de celosía, las cuales además sostienen una canal C, que viene ensamblada en su parte lateral, con otra jácena D de menores dimensiones de la otra.

Resuelve Mr. Barberot, esta cuestión, recurriendo á una pieza F, esto es una suerte de fuste ó prisma cuadrado hueco cuya altura iguala á la de las piezas B y B'. (Véase la planta fig. 580'), este prisma reposando sobre el capitel de la columna cilíndrica, recibe ahora lateralmente, las jácenas B y B', echando mano de escuadras y roblones; al paso que hacia lo interior recibe la ménsula E, en donde se apoya la segunda jácena D; y finalmente hacia lo exterior, recibe el apéndice G, que contribuye á dar apoyo al canalón.

b) *Ensamble de dos columnas* A *y* B *de diferentes pisos, con una viga ó jácena* C, *intermedia* (figs. 581, 581' y 581''). A este efecto se dispone de una *plancha durmiente* EE, acodada por sus extremos; y descansando sobre la cabeza del capitel, de la columna inferior (aquí esta columna suponemos ser de fuste exagonal; al paso que el fuste de la superior es cuadrado), ahora sobre la pieza durmiente se apoyan directamente las vigas C y C', encajando los bordes exteriores de sus platillos inferiores, en los mismos recodos del acodamiento de dicho durmiente. Estas vigas C y C', forman debidamente acopladas con los pernos D y D' la jácena

en cuestión, y ellas á su vez encepan, la columna superior B, cual lleva lateralmente dos orejones ó adarajas H y H' con las cuales se apoya sobre las mentadas piezas C y C'. También se ensancha la columna B, en su base, por medio de dos apéndices I y I', colocados en las dos caras del prisma que se encuentran perpendiculares á las otras dos, en donde se situaron las H y H', con esas, como colas I y I', la columna superior, se apoya con más base de sustentación en el capitel de la columna inferior.

c) *Ensamble de jácenas sobre columnas* (figs. 582 y 582').—Aquí el fuste cilíndrico de la columna superior, lleva lateralmente, dos salientes D y D' en forma de doble T, cuales descansan sobre la cabeza de la columna B, ahora se enlazan directamente el alma de la viga, con aquellos salientes, por medio de las escuadras E, cuyas descansan en las cartelas ó ménsulas C y C' que forman parte del capitel de la columna B.

d) *Ensambles de techos con columnas* (figs. 583, 583' y 583'').—Las ménsulas A y A', cuales forman parte del fuste de la columna B, sirven para prestar apoyo á la viga B, maestra ó principal, en la que se apoyarán ahora las vigas secundarias *a*, *b*, *c*, *d*... etc., exceptuando la *e*, cuya se apoyará sobre una ménsula análoga á las anteriores; ahora, las vigas y el fuste de la columna se hacen solidarios entre sí, con el auxilio, de abrazaderas C, D, E, cuales juntas, colocadas cada una en su sitio, envuelven ó circuyen á la columna cual cinturón. Tamaña disposición, lleva consigo, que una de estas abrazaderas, la C, coja la mitad del fuste, y cada una de las otras dos, la respectiva cuarta parte del mismo fuste; además cada una de estas piezas C, D, E, es de forma mixtilínea, toda vez que cada parte curvilínea, ha de terminar acodada con ramas rectilíneas, á propósito, para que puedan, con el auxilio de roblones sujetarse en el alma, de las correspondientes piezas de doble T.

*e*) Otra solución, del último caso referido, es el que se dibuja en la fig. 584; con la variante, de que aquí precisa combinar un cruce de jácenas ó vigas maestras, formadas cada una de ellas, por dos vigas acopladas, con el auxilio de pernos pasadores.

Para resolver este asunto Mr. Barberot, recurre á un cuerpo voladizo C, el cual forma parte del mismo fuste de la columna, á cuyo efecto, se ha tenido buen cuidado de tenerlo en cuenta al llevar á cabo la fundición de dicha pieza. Con eso, dicho cuerpo C, ofrece superiormente una plataforma lo suficiente holgada para que puedan en ella descansar, los trechos de jácena B y B'; y ahora sobre éstas, se disponen las vigas D y D', cruzándose en ángulo recto con las primeras, y como encepando al fuste superior A' de la columna, y formando ambas á dos convenientemente encepadas, la segunda jácena aludida.



# CAPÍTULO SEXTO

## ENSAMBLES

**236. Preliminares.**—Muchos de los cortes de enlace, vistos en la Esteorotomía de la madera, tienen igual aplicación al tratar de la Esteorotomia del hierro; pero á más de éstos, se comprende que han de existir otros nuevos y característicos, especialmente originados por el distinto modo de ser del hierro para con respecto á la madera, ya sea para con relación á su contextura, ya sea en sus propiedades tanto físicas como químicas.

Las clavijas, que entraban en los enlaces de las maderas desempeñando, una misión accesoria y como auxiliar, que en nada afectaba á la solidez del enlace, pues casi siempre ó en la mayor parte de los casos, aparecían con carácter provisional, vienen aquí cuando se trata del hierro, á tomar un carácter definitivo ó permanente, desempeñando un papel principal y como esencia de la fuerza que sujeta á las piezas en determinadas ocasiones.

Atención hecha, á lo duro, de la nueva materia, de que ahora se dispone y que permite filetearse de muy distintas maneras, es que podemos recurrir para los enlaces de las piezas de hierro, trabajando en ellos tornillos y tuercas, cuales puestas en juego, adaptándose recíprocamente, prestan gran consistencia á los enlaces.

Además, la característica del nuevo material, es la que, cual nuevo Proteo de la fábula, permite adaptarse á toda las formas imaginables y eso ya se trate del *forjado* como del *fundido*, el primero gracias al genio del herrero así como de su potente brazo, y el segundo con un entendido moldeo; pues bien: gracias á tan inapreciables propiedades, es que el hierro, puede acodarse, plegarse, bifurcarse, retorcerse, soldarse... etc., etc., así como la fundición venir á amoldarse á las formas y contornos más caprichosos que la imaginación pueda concebir; gracias pues á las ventajas á que nos brinda el material férreo, es, que entre otras aplicaciones, nos permite reforzar á las piezas que van á unirse; en el mismo punto de enlace, acumulando allí más materia que en el resto de la pieza, la cual persiste en toda su longitud con el grueso límite, y estricto que necesita para su trabajo; queda no más reforzada en el mismo sitio del enlace y con la forma exigida por la dirección de las piezas y la fuerza que han de hacer en su mutua unión; y cuenta que decimos *reforzar*, pues que si bien ya se deja indicado, que las piezas tienen el grueso, reducido á la carga ó trabajo que han de resistir; y no más, sin embargo, como la extensión ó periferie de sus superficies son relativamente pequeñas, para que en ellas pudieran practicarse *perforaciones* ó *degolladuras*, para los enlaces correspondientes, ello llevaría á debilitarlas ó á mermar su fuerza precisamente en los puntos en donde deba existir más solaridad, y he aquí originados, para evitar tamaños inconvenientes, esos ensanches que se hacen experimentar algunas veces á las piezas de hierro, en los mismos puntos de su unión, constituyendo unos de los medios más eficaces, sencillos á la par que potentes en el enlace de dos ó más piezas, estén situadas ellas en la dirección que se quiera. Responde pues semejante sistema á la facilidad de ejecución, presteza en la montura, economía en la mano de obra y material, y finalmente garantías de una completa seguridad en su resistencia.



A análogos requisitos obedecen, la introducción de los ensambles de piezas auxiliares é independientes, que aprisionan como cepos á las piezas de cuya unión se trata, sacando de ello gran partido, todo sistema de armazones, en donde existan varias piezas que concurran á un punto; condiciones todas algo difíciles de poner en práctica en los sistemas de carpintería, por la sencilla razón, de quedar allí asaz debilitadas las piezas en los extremos, en donde se efectúa su concurrencia.

Finalmente la eficacia de los pernos, roblones, enchufes en las piezas de palastro, hierros de ángulo, abrazaderas .. etc., etc., son otros tantos elementos que permite con más ventaja el material férreo que el leñoso, cuyo último, está prcisamente vulnerado en sus fibras, organismo de su

resistencia, mientras que el primero admite dichos recursos, por no hacerle casi mella las relativas pequeñas proporciones que exigen tales procedimientos.

Vamos á pasar en revista, todas estas circunstancias, llevadas al terreno de la práctica y aplicaciones, por lo cual subdividiremos todos estos enlaces, del mismo modo como hicimos en la Estereotomía de la madera; y así tendremos las tres agrupaciones siguientes:

*Ensambles*, *Empalmes* y *Acopladuras;* principiando ya su estudio con la primera agrupación ó sean los Ensambles; los cuales á su vez, se dividen para su mejor estudio en otras tres agrupaciones y son: *Ensambles de encuentro*, *Ensambles de ángulo* y *Ensambles cruzados.*

237. 1.° **Ensambles de encuentro.** — Llámanse así los enlaces cuando, una de las piezas encuentra á la otra, en un punto intermedio de su longitud, terminándose la primera, en el mismo punto de encuentro. El enlace de corte, ó medios auxiliares para llevar á cabo semejante unión son sumamente variados, y depende de las circunstancias que presiden ya en la dimensión de las piezas, ya en su forma, ya también en el oficio que han de desempeñar y fuerzas que en ellas actúen. Veámoslos detallada é individualmente en los siguientes ejemplos:

a) *A simple caja y espiga* (1). —Sea la L.ª 11, fig. 273. Dos hierros A y B, que se encuentran en ángulo recto; el medio de unión aquí es sencillísimo, se practica al extremo del hierro B, una espiga, cuyo grueso sea el tercio del ancho del propio hierro, mientras que la altura de dicha espiga, sea igual al espesor del hierro A (es de advertir aquí, que se consideran los hierros A y B, teniendo la misma escuadría). Queda pues reducida la cuestión á abrir la caja en el hierro A, cuya tenga las dimensiones que hemos asignado en la espiga, para que ésta pueda alojarse en aquélla exactamente y sin juego alguno en la puesta en junta.

¿Mas, cómo se practicará la caja ó perforación en el hierro A? pues damos por supuesto que su grueso es de los mayores que se emplean. Pues muy sencillamente: Caldeando la pieza A en las inmediaciones en donde se ha de establecer dicha caja; prolongándose el caldeo hasta llegar el fuego al blanco brillante, cuyo se conoce por despedir la combustión

(1) En catalán: *Trau y mecha*



chispas brillantes, en semejante situación se retira la pieza del hogar, é inmediatamente con el auxilio del punzón y martillo, se va percutiendo alrededor de las líneas que se habrán señalado de antemano para la caja, hasta tanto se llegue á desgajar, todo el pequeño prisma candente que la obstruye; quitado este prisma, la caja quedará terminada.

Veamos ahora el labrado de la espiga: ésta puede trabajarse de dos maneras distintas. La primera caldeando la extremidad de la pieza B, hasta al blanco brillante y ya en esta disposición, quitar la pieza del hogar, trasladarla al yunque, y allí por medio del punzón y mazo, cercenar de la extremidad de la pieza, y á la altura que haya de tener la espiga, los dos pequeños prismas laterales candentes, á cuyo efecto, ya se habrán con antelación señalado sobre las caras del hierro.

El segundo procedimiento, es preferible para cuando sean muchas las operaciones de esta clase que hay de verificar, y sobre todo, porque dá más garantía de exactitud y atildamiento en el trabajo: regularmente se emplea cuando no es muy considerable, ó por mejor decir es poca la escuadría ó grueso del hierro. A este efecto el herrero se vale de una pieza auxiliar D, fig. 273′ llamado *dedal*, el cual afecta la forma de un pequeño prisma, en medio del cual, hay establecido, un hueco (es el propiamente dedal) de la forma y dimensiones de la espiga que quiera labrarse; este hueco ó dedal, vendrá á formar ahora, en el trabajo ú operación, una especie de matriz, para la espiga que se va á labrar. Al efecto caliéntese la extremidad de la pieza B, como antes hemos hecho, retíresela luego del hogar, colocándola sobre el yunque, pero de tal modo, que descansando también sobre el yunque la pieza *dedal*, en sentido horizontal, se pondrá en contacto la boca del *dedal*, con la testa caldeada del hierro B, colocado también horizontal, é inmediatamente, se golpeará al dedal B, por la testa opuesta ó sea por la extremidad maciza, empujándole longitudinalmente con los golpes contundentes, y de modo, que lo blando ó pastoso de la parte caldeada, vaya cediendo, á medida que se comprima contra las paredes de la pieza D, en cuyo caso la parte central vá entrando en el hueco ó matriz adquiriendo la forma de la espiga, mientras que las partes laterales dan en las extremidades candentes de la pieza B, van desgajándose ó desprendiéndose, dejando al separarse descubierta la espiga. Conviene advertir que durante semejante faena el herrero, habrá mantenido como

horizontal y cogido con la mano derecha al hierro B, mientras que con la izquierda, habrá ido golpeando con el mazo la testa del *dedal*, hasta lograr con los distintos golpes la entrada del núcleo central del B, en el hueco del D; y todo manteniendo las piezas B y D, sobre el yunque.

b) *Caja y espiga con robladura* (1).—Se acostumbra á practicar para el debido enlace de piezas de reducida escuadría, así para cuando se trata de la unión de los hierros montantes, con el hierro pasamano, en una baranda ó antepecho de balcón, es cuando viene precisamente indicado.

En este caso (fig. 275) se empieza procediendo á señalar los huecos ó cajas que han de ir practicadas en el pasamano B, pero aquí por ser la pieza de reducido grueso, se hacen las cajas, ya una vez sean señaladas; en frío, acudiendo al auxilio de alguno de los taladros. y en cuanto á la pequeña espiga de los montantes, se procede con ellas en caliente, é insiguiendo las mismas operaciones del caso anterior, haciendo uso del *dedal*.

Una vez entradas las espigas de los montantes A, A'... etcétera, en los huecos del pasamano, del que sobresaldrán algún tanto; entonces y aprovechando lo caliente de la calda, se irán sucesivamente, percutiendo estas excedencias, hasta quedar aplastadas sobre la superficie superior del pasamano, en cuyo caso, quedarán así los hierros A, A'... etcétera, remachados ó roblados, de tal modo que aseguraran por completo la fijeza de los mismos para con respecto á su enlace con el propio pasamano.

c) *Espiga pasante* (2) *con clavija*.—Como el mismo nombre lo indica (fig. 274) la espiga de la pieza B, al introducirse en la caja del hierro A, aparece saliente hacia la parte opuesta; y es que aquí la escuadría de los hierros A y B es distinta, siendo el ancho de A mayor que el ancho de B, cual último hierro, penetra en toda su escuadría en la caja del A, no teniendo necesidad de trabajar la espiga en el B, á causa de que toda la cabeza C de B, hace oficio de la misma. Puestas así en junta las dos piezas, se fija el enlace por medio de la clavija D, á cuyo efecto se habrá tenido buen cuidado, de perforar en su canto la cabeza C, abriéndole un pequeño

(1) *Rebladura*, *Remachat*. (Nombres en catalán de dicho ensamble).

(2) En catalán: *A Tascó*.



hueco ó canal, de ancho suficiente para que permita la introducción de la clavija D. En general, en semejante caso, la cavilla ó clavija suele ir provista de una cabeza ó de un tope por un lado, batiéndolas á martillazo limpio, para colocarlas bien puestas en su aloje. También cabe en este lugar, la propiedad que tiene el hierro de contraerse en frío, pues entontes con el exceso saliente C, puede éste batirse para formar remache ó robladura como en el caso anterior de la fig. 275 pero aquí con el martilleo en frío, lo cual quizás mantiene la espiga en su caja, mejor que la misma clavija, la cual en este caso huelga; sin embargo conviene advertir que en este caso especial sería necesario que el hierro B. se colocara en obra horizontalmente y el hierro A verticalmente, pues de ser lo contrario, se comprende fácilmente, que como el B se introduce todo entero en el A, sin tener espaldones la espiga como las tenía en la fig. 273, resultaría que el hierro A, podría tener movimiento libre de traslación resbalando hacia abajo.

El ensamble de espiga pasante no es muy empleado por cierto; sólo sirve para enlaces interinos de fácil armar y desarmar, así como también en algunos detalles y bifurcaciones en piezas de cuchillos de armadura.

d) *Ensamble á simple ojo ú ojal y con refuerzo* (1).—En muchos casos cuando las piezas se ensamblan, en su punto ó sitio de unión se produce sobre una ú otra, ensanches tales que ofrecen tanta fuerza como en el resto de la pieza, á pesar de las entalladuras y los agujeros de clavos ó pernos. Un ejemplo de esta clase nos lo dará la fig. 278 que representa la pieza A uno de los travesaños de una verja mientras que los montantes verticales son los hierros B, C, D, es notorio ahora, que al pasar por ojo los hierros B, C, D al travesaño A, en donde hay establecidas, las debidas entalladuras para el paso de aquellos montantes se debilita notablemente al hierro A, y de tal manera, que si llegan las escuadrías ó anchos de los montantes á ser iguales á las mismas dimensiones del A, quedaría éste, en ciertos puntos sin material para formar grueso, urge pues en este caso, recurrir á médios que subsanen tamañas dificultades, estos medios son; haciendo que en el hierro A, en los puntos *b*, *c*, *d*, por donde han de penetrar las piezas B, C, D, se fabriquen experimentando un ensanche hacia la parte exterior, afectando la misma forma de los hie-

(1) En catalán: *A Trau sensill. A Trau passat y engruxit.*

rros que por ellos pasan; y que el grueso de este refuerzo, sea igual hacia cada lado de la entalladura, al semi-ancho del hierro A, pues así, la suma de esas dos mitades forman precisamente el mismo ancho que tiene la pieza A en toda su longitud; así es pues como se forman esta serie de anillos embutidos, en la misma pieza A cuya forma dé tales refuerzos, depende de la de que lleva la pieza montante; así el refuerzo *b*, es rectangular, el *c*, es cuadrado por arista, (esto es cuando el montante es tal que las diagonales de su base, la una es paralela al paramento de la pieza A, y la otra le es perpendicular; y finalmente el *d*, es cilíndrico circular, por terminar con semejante superficie el hierro correspondiente D.

Precisa pues, cuando el herrero, trabaje el hierro A, tenga en cuenta, el forjarle de modo, en cada uno de los puntos que habrá de antemano señalado; que vaya afectando la forma del refuerzo que más convenga, teniendo á la vista la que afecte el montante respectivo; téngase en cuenta, que muchas veces tal pueda ser el refuerzo, por la cantidad de masa que necesite, que convenga soldar en dicho punto otro trozo á propósito, para la formación de aquél; la pericia del obrero, es la que descubre en seguida, si hay necesidad de acudir á este medio; en general, y por poco que se pueda, conviene sacar el refuerzo de la misma pieza, haciendo que ésta tenga la suficiente escuadría para ello. Son de gran uso semejantes enlaces en la construcción de rejas, verjas y cerramientos por el estilo.

e) *A horquilla* (1).—En este caso, el ensanche ó refuerzo dado á la pieza B (fig. 276), está en forma de una verdadera horquilla, cuyos trazos, agarran fuertemente al hierro A, el cual permanece entero y sin ninguna modificación, ajustando exactamente en la entalladura que lleva la horquilla, y haciendo prietas luego ambas piezas con un fuerte clavo ó perno pasador que las atraviesa, pudiendo ser remachado. La forma de la horquilla, así como su entalladura han de trabajarse, en la pieza B, caldeada, quitando en caliente y con punzones, todo el trecho de materia candente que se encuentra en el mismo sitio en donde ha de descubrirse la entalladura. Se quitan también en caliente, los trechos laterales del

(1) En catalán: *Unió de Furqueta.*



mango B, para qué una vez quitados, aparezcan ya en descubierto las quijadas de la horquilla.

En cuanto al hueco ó canal para alojar en él, al perno ó clavo pasador, puede practicarse en frío, por medio de los taladros, eso, dado caso que no sea muy considerable el grueso de las piezas que hay que atravesar, en caso contrario, sale más ventajoso, aprovechar las caldas de las piezas, para así atravesarlas desde luego con hierro calibrado según el espesor de la pieza pasante.

También podría construirse la pieza B, soldando dos piezas, una que sería el mango y la otra que llevaría la horquilla, este sistema sería más expedito dado que las piezas, fuesen de grandor considerable.

Es de gran aplicación este ensamble, y esto en todo sistema de armazones, en los entramados, cuchillos de armadura, engatillados... etc.

f) *Ensamble de collar* (1).—En el anterior enlace, la pieza A entra lateralmente en la entalladura ó tenaza, en virtud del sistema especial del armazón de conjunto de que forma parte, mas cuando es dable colocar ó poner en junta á la pieza A, en el sentido perpendicular de la pieza B, entrando aquélla de arriba á abajo, entonces es preferible, el caso de la fig. 277 llamado de collar, por terminar la pieza B, en un ensanche formado por un prisma dentro del cual se aloja el hierro A, si cabe con más consistencia que en el caso anterior, toda vez que la entalladura de aquella tenaza, se cambia aquí, por un ojal cerrado por sus cuatro caras, quedando así más prieta la pieza A, con el mayor contacto que proporciona, la cara que cierra la horquilla anterior.

Continúa aquí haciendo solidario el enlace, el clavo ó perno que atraviesa ambas piezas.

g) *Ensamble oblicuo ó tenaza.*—Es una variante del de horquilla que se ha indicado en la fig. 276 con sólo la diferencia de que aquí (fig. 279) las piezas se encuentran formando ángulo agudo, y la pieza que lleva la horquilla, no aprisiona á la otra en el grueso de su escuadría, sino por medio de un suplemento, ó pieza adicional que al efecto va unida á aquélla con soldadura. Viene indicado este ensamble, cuando la pieza de la horquilla, tenga menos grueso que la otra, al mismo tiempo que hayan de ser las mismas ó coincidan en unos

(1) En catalán: *Trau pulis.*

mismos planos verticales ó de paramento, las dos piezas, en el mismo sitio de la unión.

Continúan aquí, los pernos ó pasadores de unión. Aquí en este ejemplo especial, es muy frecuente hacer la pieza A, de fundición, excepción hecha de tratarse de un tirante de armadura.

Está muy indicado en los entramados verticales, en el enlace de los pies derechos con las riostras.

h) *Ensamble de barbilla.*—También como en la madera, se usa aunque nó con tanta frecuencia, aquí en el hierro, el corte á barbilla (fig. 280). Viene indicado al encontrarse dos piezas oblicuamente formando un ángulo muy agudo. Regularmente se le fortifica, por medio de cinchos bien amartillados con cuñas, y también echando mano de pernos,

Los cortes de barbilla se producirán con la calda. Su empleo viene indicado en el enlace de pares con tirantes.

i) *Ensamble á tuerca y tornillo.*—La dureza del hierro y la circunstancia de podérsele filetear con la mayor facilidad, ha dado origen al enlace de tuerca y tornillo, siendo dicho sistema de ensamble, el más característico y que se aviene mejor con las propiedades de la materia férrea.

Así es, como por regla general, se emplea muy poco al tratar de piezas de hierro, el ensamble á caja y espiga tan usado en la madera, y en cambio viene substituído aquí, por el enlace de tuerca y tornillo; y esto tanto más, en cuanto en el caso particular de ser la espiga y caja cilíndricas circulares, la pieza que llevaría dicha espiga podría girar sin obstáculo alguno alrededor de su eje, sin separarse por eso de la otra pieza. ¿Se quiere obviar dicho inconveniente? substituyamos esta espiga de superficies lisas por otra espiga fileteada en *tornillo*, y la correspondiente á aquélla, por otra caja fileteada en *tuerca*, resultando así un sistema muy sólido.

La representación de este enlace está en la fig. 281 tanto la pieza A como la B, se ensanchan en los sitios inmediatos del contacto, al objeto de que vengan reforzadas, y así actúen con más seguridad la tuerca y el tornillo, cuyo último lo lleva como espiga fileteada la pieza A, alojándose en la tuerca establecida en la pieza B, y de tal modo, que una vez colocadas ya las dos piezas en junta, la cabeza del tornillo aparece al ras, de la misma superficie inferior de la pieza B; este ensamble se le supone dibujado por medio de *un corte*, en la figura de su referencia.



Sin embargo para asegurar aun mejor el éxito del ensamble, se procede como en la fig. 282 en que la espiga fileteada tornillo, exceda ó sobresalga del espesor de la pieza A, y entonces, se hace aun más prieto el enlace, haciendo uso de una cabeza de tuerca C, la cual se enrosca en lo saliente del tornillo, hasta presionar por completo, el paramento ó cara inferior de la pieza A; así, con eso, hay dos tuercas, la una practicada en la pieza A, y la otra en la cabeza C. Puede aun aumentarse más la solidez, si es que así se desea, disponiendo que los filetes del tornillo correspondientes á la tuerca C, vayan en sentido inverso que los correspondientes á la tuerca establecida en A. Los refuerzos D, subsisten aquí como en el caso anterior.

Este ensamble ha recibido una pequeña modificación, para el caso que la pieza B, ó la A, no puedan girar, para ponerse en junta. Efectivamente, en este caso, B, debe girar alrededor de su eje, para que la espiga pueda ir adaptándose á su tuerca correspondiente; ó de nó, si B es fijo, precisa que A gire en torno de B, para que sea la tuerca, la que vaya adaptándose á la espiga. Si pues estas dos piezas son fijas, no hay lugar á ponerlas en junta con semejante procedimiento, y entonces, puede subsanarse perfectamente el procedimiento (figura 283) labrando tanto á la pieza A, como á la B dos cajas fileteadas en tuerca, y tal que colocados en junta los dos hierros, coincidan perfectamente las dos tuercas de modo que una sea continuación de la otra, y luego se agrega al enlace un tornillo C, que se adapte perfectamente á las mismas.

j) *Ensamble de bastidor y tornillo.*—En el concepto de que ninguno de los enlaces á tuerca y tornillo, hasta aquí manifestados, no fuesen de fácil aplicación, ya por no poder girar las piezas para atornillarse, ó ya por no poder trabajar al otro lado de la pieza A, para hacer penetrar el tornillo, circunstancias que podrían ocurrir según la disposición que tuvieran las piezas en el conjunto de que forman parte, entonces puede adoptarse, el enlace, con el auxilio de un pequeño bastidor (fig. 284).

Aquí ninguna de las piezas lleva espiga, análogamente como en el caso anterior. La pieza A, lleva en su extremo, en el cual se ha de verificar el ensamble, un bastidor D, llevando en uno de sus lados esto es al que se ha de aplicar á la pieza B, una caja fileteada en tuerca, igual á otra establecida en el hierro B. Puestas ya en junta las dos piezas, de modo

que las cajas ó agujeros en tuerca, se correspondan, se hace penetrar el tornillo C, por el espacio intermedio que hay en el bastidor de A, hasta que alojado en las dos tuercas antedichas y prolongación una de la otra; se podrá verificar el atornillamiento sin que pueda impedirlo ningún obstáculo que se halle de la parte de dicho bastidor.

k) *Ensamble á junta plana.*—Las condiciones de resistencia de las piezas de hierro, son tanto más apreciables cuanto permiten, gran número de disposiciones sencillísimas á la par que económicas, para sus enlaces, y éstos son precisamente á los que se acude con más frecuencia, entre ellos, hay los que muestran las siguientes figuras aclaratorias.

La fig. 285 la pieza A, lleva consigo formando cuerpo con ella un *sobrón* C ó cola supletoria, del mismo ancho que el hierro A, permitiendo así sobre su cara superior, una superficie plana, sobre la cual se asienta á simple junta B, y eso sin ninguna clase de corte, únicamente sí, que para asegurar y hacer solidaria la unión, se recurre al auxilio, de un perno ó tornillo T, que se aloja, en la tuerca formada dentro el grueso de las dos piezas B y C, hasta que su cabeza esté en íntimo contacto con la cara superior de B, á la cual tendrá así aprisionada.

En la fig. 286 el enlace, si cabe, está más asegurado; aquí es la otra pieza B, la que lleva, el apéndice suplementario, teniendo doble cola C, en forma de pequeña zapata, pudiendo servir para ello un hierro de T de alas anchas, y así colocado en contacto el platillo de la T, con una de las caras del hierro A, permitirá estar asegurado con el auxilio de dos pernos T y T'.

También cuando las circunstancias lo exijan, el hierro B (figura 287), puede estar formado por una pieza en escuadra, con algún ensanche en la rama pequeña, cuya recibirá una vez en contacto con la pieza A, los tornillos ó pernos encargados de hacer invariable la unión.

Finalmente, en lugar de una quijada saliente como en la figura 287 podemos disponer dos (fig 288), dejando intermedia entre ellas una horquilla dentro de la cual se alojará la extremidad del hierro B, encargándose luego de asegurar la unión el perno ó tornillo dibujado en T.

Como se vé, semejantes sistemas son sencillísimos y sumamente expeditos al trascender al terreno de la práctica, evitando por otra parte, trabajo costoso en la mano de obra, y



saliendo por ello sumamente económico, pues que al tratar de armar el aparejo de conjunto, semejantes detalles se efectúan con rapidez utilizando para ello simples hierros planos ó cuando más, escuadras ó piezas en forma de T, cuales se encuentran en todas ocasiones á mano, por facilitarlos y tener de ellos grandes existencias los almacenes ó depósitos correspondientes.

l) *Ensambladura de cincho.*—Es á propósito muy usada, en el enlace de una pieza vertical (el pendolón de un cuchillo de armadura) con otra horizontal (el tirante de dicho cuchillo), ambas cortándose así en ángulo recto. Son en gran número las soluciones que pueden adoptarse, concretándonos aquí tan sólo á tres casos, y ellos darán idea de los demás. El primero consiste en lo que demuestra la fig. 289, A y B son las dos piezas que hay que enlazar, y se consigue echando mano de un cincho C, este, es un hierro doblado dos veces, afectando la forma de una U larguirucha, en esta U, se apoya la pieza horizontal A, descansando sobre el través inferior de dicha U, y así este cincho ó cabestrillo, recoge á la pieza A, para que ésta no pueda doblegarse, dado que haya tendencia á ello por las fuerzas que actúen dentro el sistema general del armazón.

Los trozos verticales del cincho, comprimen fuertemente á la pieza B, por medio de pasadores; y así con semejante combinación, las piezas vienen á enlazarse sin que queden debilitadas por ningún corte, pues ambas quedan enteras.

La segunda solución es la que representa la fig. 290, verdadera modificación de la anterior, aunque el principio es el mismo. Aquí se supone que las piezas A y B, son cilíndricas y circulares; si el hierro B, continuara siendo curvilíneo ó redondo, en el trecho del cabestrillo, éste no lo sujetaría tan bien como en el caso precedente, toda vez que aquí, existirían no más dos generatrices de contacto, en el sentido vertical, mientras que en el caso anterior, existían de contacto los dos planos laterales en toda la extensión del cincho, podemos referir este caso al anterior, trabajando al hierro B, de modo que si bien permanezca cilíndrico en su mayor longitud, sin embargo en todo su trecho, que haya de estar en contacto con el cincho, le daremos la forma prismática, pasando de la forma curva á la plana por medio de una torcedura ó alabeo, fácil de formar por medio del fuego. En cuanto al cincho, sus dos ramas verticales serán planas, mas al

llegar próximo al tirante, se le hará tomar la forma cilíndrica de herradura, para que en su interior cóncavo, pueda recoger la superficie cilíndrica de la pieza horizontal A. Los pernos indicados, harán ahora como antes, solidarias todas estas piezas, comprimiendo fuertemente un trecho del pendolón contra los brazos férreos del cincho.

La fig. 291 dá un ejemplo de solución para el caso que el pendolón ó la pieza vertical sobresalga inferiormente de la pieza horizontal. En este caso y suponiendo continúa siendo cilíndrica la pieza horizontal, la subdividiremos en dos partes iguales C y C', terminando sus extremidades próximas á la pieza B, en forma prismática, de este modo es más fácil sujetarlas por pernos ó tornillos, á dos piezas gemelas un poco más anchas que aquéllas, mediando entre dichas piezas B y B', un inter-espacio lo estrictamente ancho, para que por él pueda pasar la prolongación de la pieza vertical A. Finalmente, con motivo de hacer inamovible este enlace, se recurre á una clavija ó cuña pasante D, que atravesando la parte saliente de la pieza, A está á la vez presionando y en íntimo contacto con los centros interiores de las piezas gemelas B y B'. Si se examina bien el principio teórico es exactamente igual á las soluciones anteriores.

m) *A cola de milano*.—No es muy frecuente este corte en las ensambladuras del hierro, sin embargo de ello, damos una muestra de ella en el caso que aparece en la fig. 292 cuando se trata del enlace de dos piezas de fundición, pues entonces es á propósito esa materia para resistir la compresión que sufre la cabeza de la cola, al trabajar la pieza que la lleva y tener tendencia á llevarla fuera de su aloje; por lo demás todas las circunstancias mentadas al hablar sobre este corte en la *Estereotomía de la Madera* son aplicables en este caso; para el hierro.

238. **Hierros de T y de doble T**.—Múltiples son los enlaces y combinaciones que pueden ocurrir y ser solucionadas, usando los hierros de T doble ó sencilla, estos ensambles, son precisamente nacidos de casos particulares y cada uno tiene el suyo propio; nos concretaremos pues á un número determinado, y ellos serán bastantes, para tener completa idea del modo y criterio que hemos de seguir para ir solucionando las cuestiones que puedan presentarse.

*a*) La fig. 293 indica el enlace de dos hierros de simple T, tales son los A y B, uno encima y travesero del otro. El sistema de enlace aquí, son dos hierros en escuadra C y D, de tal modo colocados, que asentados sobre el platillo horizontal de B, con sus otras dos ramas verticales encepan el alma del hierro A. Pernos que atraviesan el alma de A y las ramas verticales de las escuadras, así como otros pernos que atraviesan las ramas horizontales de estas últimas así como el platillo de B, en lo saliente del nervio ó alas; enlazan definitivamente dichas dos piezas.



*b*) La fig. 294 es el mismo caso anterior de enlace de dos hierros de T, pero aquí se quiere que ambos hierros, no sobresalgan, uno de otro sino que las circunstancias obligan, á que se encuentren de nivel, en este concepto la solución es también fácil; al efecto córtese el extremo del hierro B, de modo que siga en el corte el perfil del hierro A; y así aproxímense uno á otro hasta ponerse en contacto la parte lateral de A, con la testa cortada de B, recúrrase luego á dos escuadras C y C', una por cada lado de B, y de modo que unas ramas estén en contacto con el alma de A y las otras en contacto con el alma B, las primeras se harán solidarias con los pernos D y las segundas con los pernos E.

*c*) Dos hierros de simple T, inclinados B y B'', ensamblados con un tercer hierro A, también de T sencilla (fig. 295). El modo de enlace consiste en una plancha de hierro C-C', atravesando el alma del hierro A, y luego fija con pernos ó tornillos en las piezas B y B'.

*d*) Dos hierros (figs. 296 y 296') B' y B'' de simple T enlazados con una pieza de doble T tal como A'; aquí el artificio consiste en acodar en ángulo recto los platillos ó alas de B y B', para que así se pongan en íntimo contacto con el nervio de A', y así prestar superficie para que puedan fijarse los pernos, que atraviesan los tres gruesos, esto es, los platillos acodados y el alma de A', quedando de este modo fijo el sistema. La fig. 296' representa otra proyección de este importante ensamble, sobre un plano perpendicular á la dirección de B' y B'', así estos dos hierros de T, se ven según su sección recta. Puede tener aplicación este enlace en la formación de techos de hierro.

*e*) La fig. 297 se representan dos hierros en escuadra proyectados en A, ellos forman las alas de una doble T, cuya alma se supone es una plancha comprendida entre dichas escuadras, se trata ahora de efectuar el enlace de este hierro de doble T, con el hierro en escuadra representado en B. A

este efecto, se puede recurrir á dos hierros en escuadra C y D, colocados en contacto por dos de sus brazos, pero invertidos, esto es, el uno con la abertura del ángulo recto hacia arriba, y el otro hacia abajo, y de tal modo, que las otras dos ramas estén en contacto la una con los nervios ó platillo de la doble T, y el otro con el platillo ó alas de la B, esto es de la simple T; ahora todo se reduce á fijar el sistema por medio de pernos que aseguran A con D, C con B, C con D. En cuanto á los pernos E y E′ son los que hacen solidarias las escuadras ó alas de A con el alma correspondiente, que aquí se supone de una sola pieza, esto es independiente. Puede servir este ensamble para entramados verticales.

*f*) Precisa muchas veces en los entramados verticales, el enlace (fig. 298) de un hierro A en escuadra, con una vigueta ó hierro de doble T, tal como el que está representado en B; en semejante caso es sumamente expedita la solución recurriendo á hierros en escuadra C, que fijos con pernos á las alas de la simple T, prestan conveniente apoyo, á la viga B, la cual como se comprenderá, descansará también en otras ménsulas C′ y C″... etc., análogas y puestas en una misma línea con la C, formando aquéllas, parte de otras piezas A′ y A″... etc., análogas á la A. Sentada así la doble T, queda no más hacerla solidaria con A, por medio de fuertes pernos D, que atravesando el alma de B, la retienen, sujetando el pasador D, con su cabeza, en el ala de la A.

*g*) Enlace de dos hierros iguales de doble T, colocados á un mismo nivel, es el caso de la fig. 306, los hierros son B y A, el primero visto de frente por su sección recta, el segundo paralelo á su longitud, esto es cortando en ángulo recto al primero. Queda pues reducida la cuestión, á desmochar la testa de A más próxima á B, según la sinuosidad del perfil de esta última pieza, aproximarlas una contra otra, para que efectúen el encuentro, en esta cortadura y en seguida sujetar, las dos almas verticales, por medio de una plancha C doblada en escuadra, haciendo uso de los pernos que atraviesan estas planchas y aquellas almas, tal como lo demuestra bastante la figura de su referencia. La fig. 299, es otro caso análogo pero los hierros son de desigual altura.

*h*) Modificación del último ejemplo, es el caso especial que los dos hierros de doble T, no puedan colocarse á un mismo nivel; véase para eso las figs. 300 y 300′, la pieza mayor está en A-A′, y la menor B-B′, excede en su colocación, en altura, á



la anterior. De todos modos, dos hierros en escuadra C y C′, se encargan de llevar á efecto la unión, resta tan sólo advertir que la colocación es tal, que con respecto al hierro B-B′, estas escuadras, tienen sus ramas respectivas en íntimo contacto con el alma de dicho hierro, para lo cual ha habido necesidad, de cortar algún tanto el borde de la ala inferior, para que tuviera lugar la suficiente aproximación para el dicho contacto; mientras que para con respecto al doble T, A-A′, las ramas de las escuadras no alcanzan hasta al alma de la viga, y así dejan un pequeño espacio, que se suple con las planchas D, vistas de canto en la fig. 300′, viniendo podríamos decir, á constituir dos forros, con los cuales se hace el contacto íntimo de los brazos de las escuadras con el alma del hierro A-A′. Los pernos colocados, en estas escuadras y presionando, al traspasarlas, al alma de los hierros A y B, hacen invariable el sistema.

*i*) La fig. 301 ofrece un ejemplo de ensamble de encuentro de dos hierros de doble T, tales como A y B, en el caso de aplicación del enlace de un par A con una correa B, en una cubierta de armadura. Sencillamente, las planchas en escuadra C y C′, en contacto directo sus brazos con las almas respectivas de A y B, coincidiento, la arista saliente de su ángulo diedro, con la de encuentro de las dos almas.

Como siempre, los pernos, aquí dos en cada brazo de las escuadras, se encargan de fijar bien estas piezas, y asegurar el enlace.

j) *Ensamble de un hierro en* C′ *con otro en* T (fig. 302). —Se supone que el hierro en C, está en B, sostenido sobre el hierro T, expresado longitudinalmente en A, los dos encontrándose en ángulo recto. En este estado, echando mano de un hierro en escuadra D, en contacto una de sus ramas con el alma de la B y la otra rama, con las alas ó nervios de la pieza en T, convenientemente sujeta por los pernos pasadores, fijarán por completo el sistema. Aquí en este particular, para fortificar aún más el enlace se ha introducido, el grueso supletorio C, como á refuerzo del alma del hierro en C.

*k*) En la fig. 303 es el enlace de un hierro en C, con otro en doble T, el primero expresado en B y el segundo en A, se cortan en ángulo recto y de tal modo, que toda la T, entra, en los brazos del hierro en C. Una simple escuadra C, bastará auxiliada de los pernos, para concluir este ensamble.

*l*) La fig. 305 representa una viga de doble T, compuesta del alma C-C′ y de las alas (que aquí son hierros en escuadra) A-A′, A″, y se trata frecuentemente de reforzar de trecho en trecho dicha alma, y al efecto se emplean fajas de hierro de simple T, tales como aparecen en las dos proyecciones en B-B′, B″, cuales aprovechando la propiedad á que se presta el hierro á tomar las curvaturas, que más convengan, se encorvan algún tanto hacia la parte inferior, á fin de aplicarse directamente en contacto con la rama de la escuadra del ala, en virtud del reborde que existe entre el paramento de ésta, y el que corresponde al alma del hierro C; los roblones ó pernos, se encargan de hacer fijo el sistema.

*ll*) Ensamble de un hierro A en escuadra, con otro B de simple T, lo demuestra la fig. U″, la cual á su vez consta de cuatro partes, y son: una proyección horizontal, otra vertical, una perspectiva del conjunto del enlace, y finalmente, una perspectiva del hierro de simple T, fuera de su ensamble. Por esta última, podemos hacernos cargo, del artificio de que es objeto este sistema, á este efecto, una de las testas del hierro en T, está terminada, por el plano rectangular *eab*, por el cual se pone en inmediato contacto con uno de los brazos de la escuadra que constituye el otro hierro, echando mano para ello de los roblones, ó tornillos (según los casos), que se dibujan en la propia figura. En este sistema de enlace, se evitan, los hierros de ángulo de los otros casos, haciéndose aquí si cabe más solidario el enlace, por disminuir el número de roblones, al formar de una sola pieza el hierro de T, con una de las ramas, que servirían de hierro de ángulo.

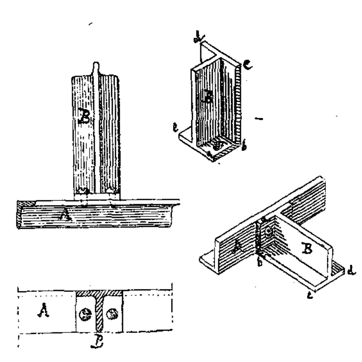


Figura U″

m) *Ensamble de piezas concurrentes.*—Es este caso, el que demuestra la fig. 304 por cierto muy frecuente en la construcción de cuchillos de armadura; las piezas que hay que unificar en su punto de concurso son la B (tornapunta), C (cadena) D y D′ (partes del tirante). Al objeto de evitar, intersecciones de cuerpos prismáticos ó cilíndricos, siempre enojosas, aunque fáciles, viene las propiedades del hierro en auxilio del constructor y así puede facilitar la solución del siguiente modo. Dispónganse dos planchas bastante gruesas y gemelas, marcadas en A, cuya forma depende de la disposición respectiva que tengan entre sí las anteriores piezas, pues la pieza dicha A irá abarcándolas todas, hasta comprimirlas entre las dos planchas de que está formada.



Al efecto de fortificar las piezas B, C y D se terminan con ensanches circulares, que permiten colocar fuertes pernos, que los aprisionen dentro las gemelas A y A′. Pero con más frecuencia las piezas A y A′, forman una sola pieza de fundición, dentro de la cual se alojan las cajas, en donde han de entrar los extremos de B, C y D, D′

**239. Ensambles de ángulo** —Se producen, cuando las dos piezas de hierro se unen, al encontrarse por sus dos extremos, y por lo tanto no prolongándose ni una ni otra, más allá de este punto de encuentro, quedan formando un ángulo. Son también en gran número, las soluciones de enlace que pueden realizarse, y entre ellas, haremos conocer las más generales.

a) *A junta plana.*—También son variadas las soluciones dentro de la junta plana, una de ellas es la de la fig. 307 y L.ª 12. Al hierro A, se le acoda un poco en su extremo, y luego no hay más que poner en contacto la parte superior del hierro B, con la inferior del brazo acodado de la pieza A, y finalmente el perno ó pernos (según la longitud del contacto de las piezas) harán que esté ya fijo este enlace tan sencillo de sí.

Otra solución consiste en la que muestra la fig. 309, en ella uno de los hierros el A, al acodarse, se le hace experimentar un resalto, por el que se apoya, sobre el brazo de acodamiento del otro hierro B, que continua siempre escuadra, colocándose finalmente el perno, en el sitio de este contacto; en semejante ensamble.

Esta solución vendrá indicada para cuando sea necesario que el ensamble no aparezca en saliente hacia la parte exterior como sucede con la fig 307; no importando por otra parte que aparezca hácia lo interior del ángulo, el resalto.

Otras veces fig. 308 conviene que los dos hierros se enlacen formando ángulo agudo y en este caso puede adoptarse el recurso de que cada pieza A y B, esté acodada, formando

con su correspondiente apéndice de acodamiento, el ángulo en cuestión, y entonces superponiendo estos dos hierros, de modo que el apéndice de cada uno, se superponga á este en contacto con el brazo de la otra; vendrán á coincidir sus ángulos y así el vértice saliente del B, coincidirá con el entrante del A; ya en semejante situación, los pernos ó tornillos fijarán definitivamente el ensamble.

En estos dos casos que hemos presentado de junta plana, las piezas, formaban resaltos ó salientes hacia la parte exterior, si pues se quiere ó convenga evitarlos, se procederá del siguiente modo. Se acodarán las dos piezas (fig. 310) en la dirección de la bisectriz del ángulo que hayan de formar una vez reunidas, y entonces colocándolas en contacto, en los dos acodamientos ó apéndices, cuales se fijarán por medio de pernos, darán una de las soluciones á que podemos recurrir.

Otra consiste (fig. 311) en que las piezas A y B, no lleven apéndices, esto es, están sin acodar, pero en cambio se recurre á un hierro en escuadra C-C′, en el cual se hace que en sus ramas ó brazos y por la parte exterior, se superpongan en cada una, uno de los hierros A y B, de modo que se encuentren en sus extremos, formando el ángulo recto y su arista saliente D, (pues que es recto aquí el ángulo que han de formar las piezas). Como siempre; ahora los pernos indicados en la figura, harán fijo el enlace.

Pueden también solucionarse estos ensambles á junta plana recurriendo á una pieza intermedia y acodada según el ángulo que se quiera formen las dos piezas, y enlazar en seguida los brazos de esta pieza con las dos de que se trata, así en la fig. 312 la pieza intermedia es el hierro en escuadra C, el cual por medio de uno de sus brazos enlaza formando un corte á tenaza con el extremo del hierro terminado en espiga; mientras que por el otro extremo del hierro C, enlaza también á tenaza, con el hierro B, pero aquí, este, sin espiga, y entra en todo su grueso en la horquilla. Pernos pasadores en el mismo sitio del enlace, lo fijan definitivamente.

En la fig. 313 ofrece otro ejemplo de la anterior solución; aquí el hierro intermedio C tiene sustituído su ángulo recto, por un acuerdo curvilíneo y circular tangente á sus dos ramas, estas últimas enlazan la una, con la pieza B, superpuesta simplemente á junta plana, y fija luego con un perno; y la otra con el hierro A, á junta plana también pero dispuesta



en resalto en este último, haciendo solidaria la puesta en junta por medio de un tornillo.

b) *A Tuerca y Tornillo.*—En este enlace fig. 314 se arma á una de sus extremidades de una de las piezas la A por ejemplo, de una espiga fileteada, que se atornilla en una tuerca análoga, practicada á la extremidad de la otra B, haciendo que sobresalga algún tanto el extremo de la espiga con el fin de poderla remachar sobre la cara superior de la B, una vez que sean puestas en junta dichas piezas.

Otras veces como en A′ y B′ (figura vista en sección), la espiga fileteada C, es independiente, es un simple tornillo con su cabeza, y la tuerca está practicada parte en A′ y parte en B′, estas dos partes formando una sola tuerca una vez puestas en junta las dos piezas, introduciendo pues el tornillo en semejante tuerca, y apretada que sea con el auxilio de su cabeza, nos dará un ensamble de ángulo muy consistente. En general, los dos hierros, se refuerzan, ensanchándose en los sitios extremos en donde se verifica el encuentro de enlace, tal como vienen dibujados en la figura de su referencia. Esta última solución está muy indicada, para cuando las piezas han de entrar en junta; sin poder girar alrededor de su eje; con el tornillo independiente se subsana pues fácilmente semejante dificultad.

Debiendo girar alrededor de su eje la pieza que lleva la espiga, se hace forzoso, que esta sea perpendicular, al plano superior de la caja, esta es la razón por la cual, cuando el ángulo de los hierros no sea el recto, será necesario doblar el extremo de la pieza que lleva la caja, ó disponer las cosas de manera que el plano superior de esta, sea perpendicular á la otra pieza.

c) *Ensambles de ángulo de hierros en escuadra ó de T.*—En la fig. 327 se representan dos hierros A, A″, cortados cada uno en escuadra, y enlazados en ángulo recto: para ello podemos proceder de varios modos. En primer lugar, sea un hierro en escuadra A-A′, dibujemos sobre su alma un triángulo isósceles *abc* y rectángulo en *c*, y hagamos una cortadura según las líneas ó catetos *ac-bc*, desprendiendo en seguida de la masa total dicho triángulo, así tendremos la pieza total fraccionada en otras dos A y A′, si ahora, damos un cuarto de revolución al trozo A′, hasta venirse á colocar en A″, de modo que venga cortando al otro fragmento A en ángulo recto, haciendo la coincidencia del bisel

*ac*, con el inglete *cb* y si en semejante disposición calentamos los hierros y luego los percutimos juntos hasta pegarlos, no hay duda alguna que habremos así efectuado la unión y de tal modo que formarán una sola pieza.

*d*) En lugar de pegar los hierros podemos valernos (figura 328) de una plancha en escuadra superpuesta sobre las almas de las piezas A y A′ y orillándolas con los ángulos entrantes de las escuadras, haciendo solidaria esa plancha por medio de pernos,

*e*) Cuando el ángulo no es muy agudo puédese (fig. 330) caldear el hierro y así encontrándose obediente á la voluntad del obrero, este le dobla alrededor del vértice O, hasta que las dos ramas, guarden entre sí la inclinación que les corresponda, según el ángulo que desee formen; como se comprende esta operación, obliga al herrero, á medida que encorva al hierro, á trabajar la materia, tendiendo á repartirla. para que así se preste con más facilidad á formar aquella forma. Si el ángulo fuese demasiado agudo, acumulándose entonces demasiado material alrededor del vértice, le es algún tanto difícil al obrero, la repartición de las moléculas de una manera lo más regular posible, quedando en el caso, que la operación no se haya llevado con la regularidad deseada; algunas abolladuras en la superficie, cuales demuestran la imperfección de la operación; y en este caso, es preferible, aprovechar lo caliente de la calda y hacer una escotadura en una de las ramas de la escuadra del hierro, y de tal modo, que al encorvarle por la rama que ha quedado entera, el movimiento de giro ahora se hará sin dificultad y sin ninguna necesidad de manipular la masa; sólo sí, llevando la operación de giro, hasta que los cortes de escotadura de la otra rama del hierro, de ángulo hayan venido á coincidir en la línea *m*O, bisectriz del ángulo, que se desea, siendo en este punto, el único en que el cerrajero, ha de efectuar algunos retoques, percutiendo más ó menos con un martillo, á la par, que extendiendo ó aproximando la materia, según el caso convenga; concluyendo finalmente, en colocar una plancha en ángulo, fija en los brazos del hierro ya doblado, por medio de pernos ó roblones.

*f*) Cuando se trata de trabajos que no tengan gran importancia, hasta pueden suprimirse; las planchas de enlace y en ángulo, cortando de una manera apropósito el hierro de ángulo ó de T. Así en la fig. 331 si se tiene á mano un hierro de



ángulo, se corta uno de sus brazos, á la longitud apropósito en que se ha de extender el contacto del enlace, luego se encorva fácilmente la otra rama, (el hierro está caldeado), hasta formar el ángulo apetecido, y en seguida, se practica en este brazo ya girado, el taladro, que ha de alojar el perno que le hará solidario con la otra pieza, que vendrá á enlazarse con esta de que hemos tratado. Si el hierro fuese de T, como en la fig. 332 entonces se cortaría en uno de sus extremos el nervio ó platillo, en la extensión conveniente, encorvándose en seguida el alma, hasta formar el ángulo deseado, y finalmente taladrando estas ramas ya giradas, al objeto de que se aloje en dicho agujero el perno ó roblon que hará fija dicha pieza, con la otra correspondiente, con la cual ha de formar el precitado ángulo.

*g*) La solución de la fig. 329 ángulo con dos hierros de T, es si cabe aún mucho más sólida aquí, en este caso, que el de la fig. 332 que la plancha en escuadra se sustituye, por dos planchas triangulares é isósceles y rectángulos dichos triángulos, estos vienen expresados en una proyección lateral por *abc*, así como también se detallan en una proyección de testa los pernos y roblones que consolidan como antes el enlace. Ya, á simple vista, se desprende lo más ventajoso que resulta, este sistema que el anterior, pues aparte de existir dos planchas que aprisionan á los hierros de T, cogen de ellos más extensión, asegurando así más y más la inamovilidad de las piezas.

*h*) *Ensamble de ángulo en las planchas de palastro.* —Casi siempre en esta clase de ensambles, los hierros de ángulo ó en escuadra, son los medios en que se basan los enlaces. Así en la fig. 324; las planchas A y B de palastro son las que hay que enlazar formando entre sí ángulo recto, y entonces el hierro en escuadra C, fijado con los pernos á dichas planchas, nos las fijará completamente.

*i*) En la fig. 315 se muestra insiguiendo el procedimiento anterior, el ensamble de la plancha de palastro A-A′, con la B B′, que se efectúa con el recurso de los hierros en escuadra D-D′; mas como quiera que se supone que la longitud de estas piezas, ha de ser algún tanto considerable, por lo que se formarán de varias partes, de aquí que convenga para fortificar el sistema, de cubrir las líneas de junta en las que queden fraccionadas, por lo que se echa mano, de los *cubrejuntas*, que son las piezas C-C′, que se sobreponen de trecho en

trecho, á la plancha B-B′ hasta encontrar á las escuadras superiores é inferiores. Los pernos como siempre harán solidarios los *cubrejuntas*; lo propio que el colocado horizontalmente en E-E′. En la fig. 315′ se supone que el cubrejuntas superior, lo forma un hierro de T invertida, al objeto de reforzar más al conjunto.

j) *Ensambles en las columnas americanas.*—El espíritu de innovación siempre creciente, buscando continuamente progresos y adelantos científicos é industriales, que trasciendan, al mejoramiento de las necesidades cada vez más exigentes de la humanidad; ha hecho que los norteamericanos tratasen para ciertos casos, substituir al hierro fundido, por el laminado en la construcción de columnas, logrando de este modo, hacer incombustibles los edificios, en donde la base principal de su construcción es el hierro. Además, prestándose semejante elemento, á resistir los movimientos, vibraciones, choques.. etc., de cuyos accidentes es refractaria la fundición, resulta que pudieron emplear con ventaja las columnas de hierro laminado, para la construcción de los apoyos, que pudieran estar expuestos á aquellos accidentes, como de ello es bien manifiesto, al echar mano de semejantes columnas, para los pilares que sostienen el ferrocarril aéreo de New-Yorck.

Semejantes columnas en extremo especiales, son de planta circular ó poligonales, pero ya en uno ú en otro caso, están compuestas de una serie de piezas de hierro, convenientemente ensambladas, por medio de roblones, que las sujetan, atravesando, los ramales ó colas adyacentes con las cuales van formando cuerpo aquellas piezas segmentales, correspondiendo para cada pieza dos colas, una en cada extremo y en dirección normal á la cara paramental.

Cuando son circulares estas piezas, pueden entrar formando la columna, en número de 4, 5 ó 6, teniendo respectivamente, cada una por sección recta, el cuarto, quinto ó sexto de una circunferencia, como de ello se infiere por las figuras 402 y 403, lám. 16, la primera formada de cuatro piezas, roblonadas respectivamente por sus colas, que se hallan en directo contacto, y la segunda, compuesta de cinco partes, sujetadas de un modo análogo, aunque reforzadas las colas, ligeramente acuñadas, y que regulan mejor el juego de juntas.

Las figs. 404, 405 y 410 representan columnas de base octogonal y de sección regular ó irregular (plantas y alzados), obedeciendo á semejante sistema. La octogonal irregular (figura V″) en Σ, lleva las colas ó ramas independientes formando estos hierros en escuadra, es esta disposición la adoptada en las columnas del ferrocarril, aéreo, citado anteriormente. Véase la fig. V″ del texto que demuestra la disposición de semejantes apoyos, en el momento de montar el aparejo.



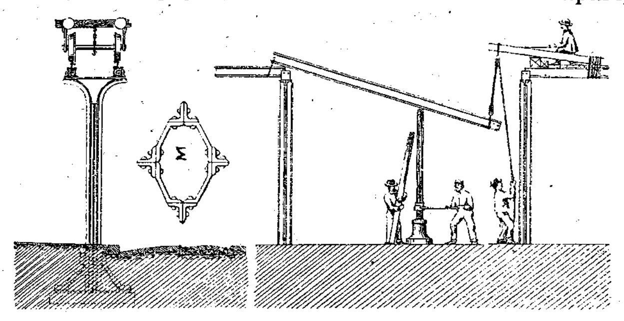



Figura V″

En dos de los lados del octógono, los hierros de ángulo acoplados, se curvean en la parte superior, como formando ménsulas, en donde se asienta una plataforma de hierro, que ha de recibir el maciso que sirve de base y sujeción á los rails.

La fig. 402 representa el sistema Phenix reservado para grandes dimensiones y la fig. X″ letras δ y γ de sección rectangular muy empleada en las construcciones de edificios particulares, está dispuesta según el sistema Strobel, cual conviene á pequeñas dimensiones, por ser necesario en las grandes, reforzarla con nervios exteriores.

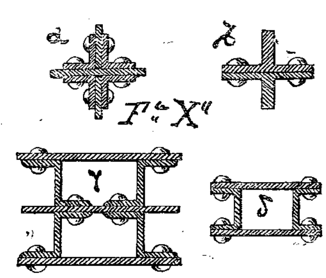



Figura X″

Las ventajas de semejante construcción de columnas son, el de ser no más necesario el menor peso posible de metal, para una resistencia dada.

Los hierros con los cuales se construyen, son de formas sencillas y ordinarias, fáciles de fabricar y de encontrar, y eso cualquiera que fuera la dimensión que se requiera.

Su fabricación es relativamente económica, no exigen muchos roblones, tanto en la columna, como ménsulas, y ensambles.

No deformarse al practicar el roblado.

Se presta á un buen ensamble, para empalmar los trozos, que deben ir estrechándose superiormente. En las del sistema Trobel se construyen trozos que comprenden hasta dos pisos; á pesar de que algunas veces no hay necesidad de recurrir á empalmes, pues las hay con trechos de una sola pieza, y de longitud considerable.

Ofrecen gran solidez en los ensamblajes laterales. Los roblones se han de disponer de modo, qne puedan colocarse con facilidad para que puedan trasmitir la carga á la columna; cual carga debe aplicarse lo más próxima del eje, en especial cuando los pesos no obran simétricamente. Precisa también que puedan ser corregidas durante el montaje las pequeñas diferencias de altura, y aun establecer posteriormente, un ensamblaje no previsto en caso de una variación de proyecto.

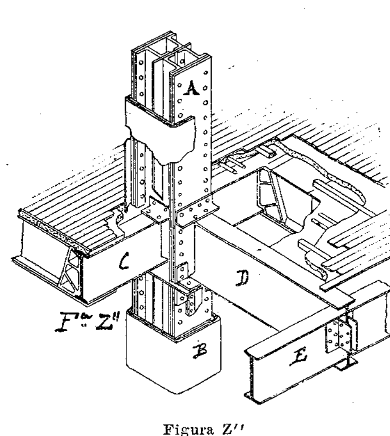


Figura Z''

Que se aplique la pintura sin dificultades y puedan ser todas las piezas fácilmente reconocidas, desde este punto de vista.

El buen ajuste de la envolvente refractaria.

Las columnas se transportan al pie de la obra completamente robladas; no se coloca un solo roblón ni se perfora un agujero en la obra. El montaje se lleva á cabo exclusivamente por medio de pernos y tuercas.

Las columnas se hallan arriostradas entre sí en todos los pisos por las vigas, y las filas exteriores por las carreras y dinteles que se colocan sobre los vanos (fig. Z''), véase esta figura, en donde se ven las carreras C, D.. etcétera, como arriostran, apoyándose en el pilar A, combinándose al mismo tiempo con otras vigas tales como E, contribuyendo con semejantes ataduras á la unificación del conjunto.



Son varias las disposiciones que pueden afectar los pilares; así, las del sistema Strobel, de forma rectangular, pueden ser constituídas como en δ (fig. X''), formadas por dos hierros en C, aprisionando á las otras dos paredes verticales por medio de tornillos ó roblones. La γ en la misma fig. X'', es también de forma tubular, pero más reforzada, toda vez que la base es mayor; y se compone de cuatro hierros en Z, aprisionando con sus colas á las paredes laterales y á la central del refuerzo, todo por medio de roblones ó tornillos en sus ataduras. Esta última es la adoptada en el entramado de la fig. Z''.

Pueden ser también los pilares en forma de cruz, cuando no convenga, la forma tubular, ya para tener espacio más holgado, ó toda otra circunstancia; esas disposiciones son muy variadas, entre ellas se encuentran la de cruz sencilla letra τ en la fig. X'', compuesta de dos hierros en simple T, unificados por medio de roblones en sus alas; ó bien pueden ser de cruz reforzada como en la letra α (fig. X''), por medio de cuatro hierros en escuadra que refuerzan las aspas de la cruz.

240. **Ensambles cruzados.**—Son cruzados los ensambles cuando los hierros una vez se hayan encontrado, continúan prolongándose hacia la parte opuesta del encuentro, formando verdaderamente, una cruz recta ó en aspa, según que el encuentro se produzca en ángulo recto ú oblicuo.

a) *Por entalladura sencilla.*—Una de las piezas A (figura 316) se conserva con la misma forma que le es propia, esto es, sin llevar, ninguna disposición de corte; al paso que la otra B, tiene preparada una entalladura ó resalto, practicado según el grueso del hierro A; así es, que con semejante precaución, al colocarse los dos hierros en junta, coincidirán en un mismo plano, dos de las caras de dichas piezas: El ensamble se sujeta por medio de pernos y roblones.

b) *Por entalladura doble.*—Está representado en las figuras 317 y 317' la primera indica las piezas ensambladas, y la segunda fuera de ensamblaje; en ellas en lugar de armar de una entalladura á una de las piezas, se hace de modo que la tengan las dos, pero de manera que la suma de lo que profundizan ambas entalladuras, sea precisamente, el grueso de una de las piezas; partiendo del supuesto de ser iguales, los

gruesos de las dos piezas. Aquí, y, ya ensambladas dichas dos piezas, no coinciden sus paramentos, motivo por el cual, según ciertas circunstancias, no sería tan ventajoso como el anterior, de todos modos, siempre los pernos darán fijeza al ensamble.

c) *De tuerca y tornillo.*—Este sistema dá más fijeza y estabilidad al ensamblaje. En este caso una de las piezas (figura 318), B, difiere esencialmente de la otra, A; pues en lugar de ser continua, esto es, de un solo trozo, se compone de dos fragmentos B y B'; el fragmento B se ensambla con la pieza A, por medio de una espiga en tornillo que excede de una cantidad bastante; del grueso de esta última pieza; ahora á la parte saliente ó pasante de la espiga, se atornilla el segundo fragmento B', que lleva á su extremidad una caja fileteada en tuerca. De todos modos, se fortifican las dos piezas, por medio de los ensanches consabidos, en las inmediaciones del enlace.

d) *Caja y espiga* (fig. 319).—Es la misma disposición que la expresada anteriormente, difiriendo tan sólo en que la espiga de tornillo, es aquí una simple espiga prismática, y las piezas en lugar de ser cilíndricas como en aquel caso, son aquí también de forma prismática rectangular. Una vez, el fragmento B', en la espiga saliente de B, se fija en seguida, atravesando dicha espiga por medio de una clavija, cuyas cabezas, vienen á comprimir fuertemente, los ensanches con que en forma de paralelepípedo terminan los fragmentos B y B'.

e) *Enlaces de un hierro de* T, *con otro de doble* T.—Variados son los procedimientos que pueden emplearse, en semejante caso, mas casi todos ellos parten de la base, de introducir una pieza intermedia, cuya forma depende de la relación que guardan entre sí, las posiciones relativas de aquellas dos piezas. Así en la fig. 320 el hierro A, de simple T, se enlaza con el hierro B, de doble T, por medio de uno ú otro hierro en ángulo C, fijo en el alma del A, por medio de un perno, mientras que hacia la parte inferior está terminado por una como abrazadera que aprisiona al hierro B, hacia su ala superior.

En la fig. 321 la pieza intermedia que une A con B, la constituye una pieza C, en parte plana, por la cual, se fija con el perno D, al alma de la T, por medio del perno D, al paso que hacia su parte inferior, toma por sus partes laterales, una forma curva, ahuecada en su parte central, como constituyendo una caja entre dos *uñas*, que agarran fuertemente á la ala superior de la doble T, quedando así la pieza C como colgada (caso de correas y contra pares).



En la fig. 322, se supone el caso de una hilera B (doble T), enlazada con los pares ó contrapares A y A', siendo aquí C, la pieza intermedia de enlace, sufriendo esta pieza, un ensanche mayor, que en el caso precedente, á causa, de que se ha de extender su efecto á dos piezas A y A', igual y simétricamente colocadas, acudiendo por lo tanto, al auxilio de los dos pernos D y D', para la completa fijación.

f). *Cruces con hierros de simple T. A ranura y lengüetas.*—Sea al efecto, la fig. 323 cuyos hierros A y B, ambos de simple T, son vistos en proyección horizontal ya ensamblados, mientras que para mayor comprensión, hay en A' la proyección vertical del A, suelto ó desensamblado, y en B', la proyección vertical de B, también fuera de ensamblaje. La fig. 323', nos indica el ensamble en perspectiva caballera, y en fin la fig. 323'' se acaba de formar concepto del enlace, mostrando, también en perspectiva caballera, el hierro B, suelto, con la ranura practicada en el alma de la pieza; como vemos, esta ranura *a b*, no alcanza á toda la altura de dicha alma, se detiene ó termina á una pequeña distancia de las alas; todo, con el objeto, de que sobre el grueso *a c*, pueda alojarse la pequeña entalladura, que va dispuesta en la otra pieza A, mientras que lo restante *r s* en altura, de dicha alma, se alojará perfectamente, sobre la entalladura *a b* de la pieza B.

Además la pieza A, vista sola en la fig. 323''' y en perspectiva, ya nos indica como se hace necesario, cortar parte de sus alas en las zonas laterales *m n p q*, tanto en la parte anterior como en la posterior, al objeto de poder dar paso á la otra pieza B, y esta venir á ajustarse, en todo el ancho de su platillo, en toda la zona cortada del platillo del hierro A.

Se comprende ahora pues, como estas piezas se colocarán en junta, moviendo la B de abajo arriba por medio de una simple traslación vertical, hasta tanto que conservándose en dirección perpendicular á la otra A, llegue á pasar por la escotadura *m n p q*, alojándose la entalladura *a b*, sobre el trozo correspondiente del alma de la A; al par que la lengüeta *b c* de este hierro B entre perfectamente, en la pequeña ranura practicada en el propio hierro A. Esta clase de

entalladuras debilitan algún tanto, la resistencia de los hierros, pues tanto el alma como los nervios quedan cercenados con una gran solución de continuidad, que quita la coherencia del material; esta es la razón, porque muchos constructores prefieren la solución de la fig. B³, la cual nos indica la forma que puede afectar uno de los hierros, esto es, con un resalto en parte de las alas, y el alma cortada en entalladura como en el caso anterior, pero en cambio el otro hierro queda entero, y una vez colocado, se verá en proyección vertical. confundido con la entalladura por donde ha tenido que pasar.

g). *Con piezas auxiliares intermedias.* — Ya en el párrafo núm. 236 expusimos y ahora lo volvemos á recordar, que cuando en un punto concurren las extremidades de muchas piezas de hierro, la combinación que de ellas resultaría, de querer enlazarlas directamente, esto es tal como naturalmente se encuentran, buscando sus intersecciones, y luego introduciendo, cajas y espigas, que todas quedarían acumuladas en un centro; es sumamente dificultosa, á la par que deficiente, en atención á que el enlace saldría notablemente debilitado, y como á consecuencia, lo saldría también la estabilidad del sistema. Si los esfuerzos que han de soportar las piezas en este punto son de aplastamiento, para los cuales es más resistente el hierro fundido, entonces es conveniente, el uso de cajas que compriman fuertemente á las piezas que aprisionen; estas cajas están destinadas á recibir las extremidades de las varias piezas de hierro, que concurran al punto del sistema, y las cuales sería difícil ensamblar sólidamente de otra manera. La forma de la caja variará para cada caso particular; y en cuanto á sus compartimentos en que ha de estar dividida, y en que entran las piezas ensambladas, su amplitud, su forma, y dirección, estarán determinadas, por las dimensiones, forma y dirección de estas últimas. Las cajas, son según esto, más que piezas principales, medios auxiliares de ensamblaje.

Si las piezas, están solicitadas por fuerzas de tracción, la conveniencia de emplear hierro dúctil, ha hecho imaginar, para verificar en buenas condiciones el ensamblaje, los *hierros en cruz ó radiales*, que pueden tener mil formas diversas, según los casos, pero que siempre se reducen en esencia, á una pieza de hierro provista de tantos apéndices como piezas concurran, y dirigidos en el mismo sentido que éstas.

Así, fig. 325, las piezas A, B, C y D, están dispuestas en un



sistema de tal modo, que sus ejes se encuentran en E, entonces se soluciona la cuestión utilizando la pieza circular, de hierro F, á la cual se fijan por medio de pernos ó tornillos las extremidades ó brazos de cada una de las últimas piezas antedichas.

Otra solución es la que nos muestra la fig. 326, en la cual cuatro hierros 1, 2, 3, 4, cada uno compuesto de dos ramas rectilíneas, más un segmento curvilíneo, se encuentran invariablemente unidos al núcleo central, pero de tal modo dispuestos, que cada dos de ellos adjuntos, forman sus brazos, una horquilla, dentro de la cual, entra el brazo correspondiente de uno de los hierros de cuyo enlace se trata, haciendo solidarias estas uniones los pernos que se dibujan en la figura.

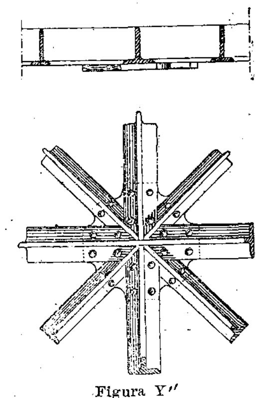
En la fig. 326′ se echa mano de un hierro en cruz A, armado de tres brazos que forman entre sí, ángulos respectivamente iguales, á los que forman entre sí los ejes de cada dos de las piezas que han de ensamblarse. Cada brazo se empalma con una de ellas por cualquiera de los medios que luego vamos á reseñar, quedando así la unión sólidamente fijada.

Son de gran utilidad los ensambles de piezas cruzadas teniendo gran aplicación, en las construcciones, sobre todo en los grandes armazones en donde se trata de unificar un conjunto de piezas, cuales sin su auxilio, permanecerían sueltas é independientes, obrando cada una por su lado, pero sin que pudieran satisfacer á la idea principal, cual es, el que tengan la tendencia á obedecer á un fin común, el de obrar en una sola masa, en un solo cuerpo, como es el del conjunto de la obra construída; por este motivo, se aplican con gran éxito, en los engatillados de los entramados de toda clase, y en especial en los verticales, cuando forman grandes lienzos verticales de cerramientos, cuales vienen á constituir una suerte de paredes ó muros.

No dejan también de aplicarse con éxito, en la unificación y debida trabazón, de las varias piezas que forman los pisos ó techos de los edificios, así como también alguna que otra vez, para los tendidos de cubierta y arriostramiento de los distintos cuchillos de armadura. En suma, que su estudio es importantísimo, y se presta á grandes combinaciones, en donde entran en juego, toda suerte de enlaces que hemos visto en particular y en detalle, y si bien el número de enlaces cruzados, es hasta cierto punto algo restringido, sin embar-

go, los ejemplos vistos, son bastantes para dar idea del modo como se han de disponer, y podemos introducir nuevas variaciones según las circunstancias.

h) *Ensamble de platillo.*—Está indicado, para cuando, sean también concurrentes varias piezas, y cruzándose radialmente conforme muestra la fig. Y″, representando á la vez la proyección vertical y horizontal del aparejo. Las piezas á ensamblar se supone aquí, son de forma de T sencilla; en el centro del cruce los nervios de las *tes*, se desmochan en ángulo recto, y de tal modo según demuestra la indicada figura en planta; que vayan entrando en junta unos con otros, hasta que la parte inferior de las alas coincidan en un mismo plano, en cuyo caso, claro es que las partes superiores también estarán en un mismo plano (aquí los hierros de T, están invertidos según se deduce de la proyección vertical), y esto permitirá colocar un gran platillo circular con ensanches en los ángulos, en el cual se sobrepongan y descansen aquellas piezas, sujetándolas luego con dicho platillo por medio de pernos, tornillos ó roblones, según sea la índole del ensamble. Las piezas estarán en su correspondiente lugar, cuando sus almas se hallen en íntimo contacto. Semejante enlace fué usado con mucha frecuencia en la última Exposición de París, empleándolo para sujetar cristales en el ramo de vidriería y cristalería.


Figura Y″

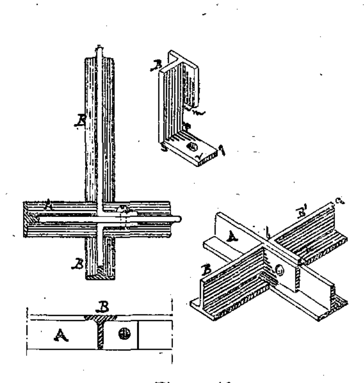


Figura A³

*i*) Ensamble de dos hierros en cruz, de forma ambos de T sencilla (fig. A³). Los hierros son A y B, este último dividido en dos partes que son B y B′, el hierro A queda enterizo mientras que á los B y B′, se les suprime la parte indispensable de su platillo ó nervio hasta que puedan, quedar al tope con los cantos del nervio de A, en cuyo caso el canto de las almas de los B y B′ quedarán presionando las partes laterales del alma de A, coadyuvando á tal hecho, los brazos de unas dobladuras en ángulo recto formando escuadra *pqrs*, que se hace experimentar á los extremos de las almas B y B′. Los roblones ó tornillos que atraviesan los brazos de las escuadras, harán fija la ensambladura.



*j*) El ensamble cruzado de la fig. B³, es una modificación del anterior, sólo que aquí se hace más sólido si cabe, pues á los hierros B′ y B, después de quitarles el trozo de platillo, con arreglo de lo saliente del platillo del A, se les proporciona dos escuadras *m* y *n*, en lugar de una como tenían antes, estas escuadras se formarán, acumulando hierro en los extremos del contacto de B y B′ con A, y luego doblegándolo como muestran las figuras en perspectiva.

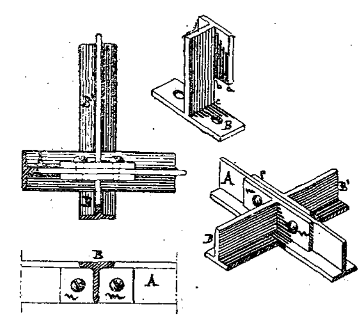


Figura B³

k) *Ensamble de correa ó pasador.*—La fig. C³ nos muestra otra solución de ensamble cruzado, el cual entre otros usos, puede ser aplicado, en el enlace de correas en un par de cuchillo de armadura. El par viene representado por la pieza A, la correa

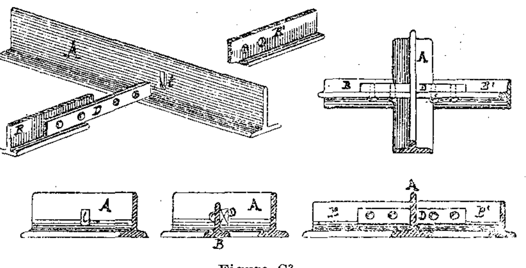


Figura C³

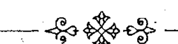
se divide en dos trozos B y B′. Se practica en el alma de A, un orificio rectangular C, por el cual pasa, un hierro plano D, el cual atornillado en varios de sus puntos, fija de una ma-

nera invariable las piezas B y B′, cual si fueran una cola, prolongación de una con otra de estas partes; aparece así este sistema, fácil y sumamente expedito, y hace de modo que las caras superiores de los platillos de las piezas A, B y B′ coinciden en un solo plano. En la fig. C³, hay las piezas en proyecciones, en conjunto, y sueltas ó separadas de ensamblaje, y además una vista perspectiva.

*Cruces de palastro.*—Los ensambles cruzados de palastro se llevan á cabo con hierros en escuadra. La fig. 334 nos dá un ejemplo del ensamble cruzado de dos hojas A y B que se cortan en ángulo recto, cuatro hierros en escuadra, fuertemente roblonados, son lo que constituye el enlace.

En la fig. 335, se encuentra otro ejemplo de dos hojas que se cortan ó cruzan en ángulo recto; aquí son cuatro hierros achaflanados y que aprisionan, dos á dos, una rama de la hoja, y juntos forman interiormente la figura de un paralelogramo.

Esta clase de hierros auxiliares puede servir en ciertas ocasiones (fig 336), para fortificar el palastro en ciertos especiales sitios, en donde haya de sufrir gran resistencia.





# CAPÍTULO SÉPTIMO

## EMPALMES

241. **Definición.**—Llámanse empalmes, cuando la unión de los hierros es tal que sus ejes vienen en una misma línea recta, siendo una de las piezas, como prolongación de la otra. En los empalmes de hierro, tienen cabida, casi todos los medios que á este efecto se han visto para cuando se ha tratado de piezas de madera, en la estereotomia de este material leñoso; así es que pasaremos por alto aquellas soluciones y nos concretaremos tan sólo á los sistemas peculiares hijos y consecuencia tan sólo de la distinta contextura del material metálico.

a). *A junta plana.*—También se conoce este empalme con el nombre de *á medio hierro.* Es el de la fig. 337. La pieza A, lleva un pequeño resalto, en su extremidad, la altura de este resalto regularmente es igual á la altura ó grueso de la otra pieza B (el grueso de B, por lo general es igual al de A). Se coloca en seguida el hierro B, sobre el resalto practicado en A, de modo que ya en contacto queden en prolongación uno de otro, y entonces la parte superior de los dos hierros, quedará en un solo plano; resta no más, ahora hacer solidaria su unión, consiguiéndose con los pernos ó tornillos *a* y *b*.

Otras veces, los dos hierros A y B, como en la fig. 338 llevan cada uno por su lado el resalto indicado, y en este caso pueden ó nó según se quiera, que sus caras superior é inferior, coincidan en los mismos planos superiores é inferiores.

b). *A simple oreja.*—Consiste (fig. 339) á que los dos

hierros están doblados con una pequeña escuadra en sus extremos. En el grueso de estas escuadras ú orejas hay practicados orificios en tuerca fileteada, así es que si al colocar las dos piezas A y B, en situación de enlace, una á continuación de otra, y dejando un pequeño interespacio libre, se podrá fácilmente, introducir por dichos orificios, un pasador fileteado de tornillo, y con su presión, mantendrá en junta al empalme. Las dos piezas A y B, pueden según es visible, aproximarse más ó menos según convenga, haciendo correr el tornillo más ó menos.

c) *A doble oreja*.—Si se quiere dar más consistencia, al sistema anterior, puédese, hacer que cada pieza A y B (figura 340), estén acodadas, á derecha é izquierda, de modo á formar cada pieza una simple T; entonces, será evidente, que podrán emplearse, para la fijación del sistema, dos tornillos, cada uno sujetando, por los brazos de la T del lado que corresponden á los dos hierros, dos enlaces invariables, que se auxiliarán recíprocamente dando mayor garantía para la inamovilidad. Al igual que en el caso anterior, las piezas A y B, pueden aproximarse ó separarse á voluntad, mediante el juego correspondiente de los dos tornillos C y C'.

d) *A tenaza* (1).—Está representado en la fig. 343, la

(1) El empalme á horquilla ó á tenaza, era de los más usados antiguamente, y aun hoy continúa empleándose; para la debida trabazón y encadenamiento, en las construcciones formadas por gruesos muros, y aun también para evitar la separación de dos paredes paralelas.

Ya los antiguos griegos y romanos enlazaban las distintas hiladas de sus sillares por medio de espigas de hierro; bronce ó madera (número 17), y los sillares que pertenecían á una misma hilada por grapas en cola de milano.

En la Edad Media los encadenados, se hacían con maderos embebidos longitudinalmente en el grueso de las paredes á la altura de los pisos, de los arranques de las bóvedas, y por encima de las coronaciones superiores. Semejante costumbre duró hasta el siglo XII, en que dejó plaza la madera al hierro. El empleo de las maderas en esta clase de obras no dejaba de presentar inconvenientes: se podrían, y dejaban en las fábricas huecos continuos que disminuían la fuerza de los muros y provocaban la presentación de grietas longitudinales en los paramentos.

También los encadenados de hierro tienen sus contras: dicho metal con la humedad se oxida, aumenta de volumen, y adquiere tal fuerza de expansión, que produce los más graves desórdenes en las construcciones en que se hallan colocados Otros peligros resultan de su dilatación ó contracción, siendo frecuentes los casos en que se han producido



pieza B, está terminada en su parte extrema en forma de una horquilla, mientras que el hierro A, está terminado, por un ensanche en forma de espiga, igual en dimensiones al hierro que forma la horquilla del hierro B; pónganse en junta estas dos piezas, entrando al efecto, el ensanche formando espiga, dentro de la horquilla del hierro B, se atraviesa luego por una cuña bien prieta, tanto los dos brazos de la horquilla, como en la espiga referida, para cuyo efecto, se habrá tenido buen cuidado, de abrir los agujeros convenientes en el grueso de los tres hierros referidos; cuya operación se hará calentando estos hierros, hasta que permitan la perforación en las entalladuras ó falsas cajas, por medio de cinceles y formones á propósito.

La fig. 344 es otra variación de este mismo empalme, en el caso en que las piezas A y B, terminan en sus extremos, del mismo modo con horquilla la una y espiga de ensanche la

deterioros, rompimientos, desvíos ó derrumbamientos por tales efectos físicos.

En algunos edificios como en San Pedro de Roma; se han puesto encadenados circulares; seis hay allí con un peso total de 50 toneladas.

Es dudosa la utilidad de tales encadenados: añaden un peso considerable á las construcciones, y, en casos de grandes esfuerzos, es probable que fuesen insuficientes para impedir las separaciones.

Los primeros encadenados de hierro parece que fueron formados por una serie de grapas enlazadas unas con otras, como los eslabones de una cadena; luego se emplearon barras planas embebidas entre los lechos de las hiladas y empotradas con plomo. En el siglo XV, se colocaron frecuentemente cadenas libres á lo largo de los muros y por encima de las bóvedas, según su largo y ancho: estas barras por sus extremidades por un ensamblaje á tenaza ú horquilla análogo al de la figura 343, aunque en lo antiguo había doble cuña.

En la actualidad, los encadenados son casi siempre barras planas de hierro, unidas entre sí por ensamblajes diversos. Los hierros planos á igualdad de sección, son más fuertes que los cuadrados, pues á igual volumen tienen mayor superficie; y como cuando se los forja, la superficie externa es la que recibe la mayor compresión del martillo, que cambia la estructura del hierro granular en fibroso, y dicha acción, aun con los mayores martillos, no llega á mayor profundidad de 0m'0045 resulta que el centro de la barra, que siempre tiene más del doble de tal distancia, no adquiere por el forjado la dureza que el contorno. Por esto es preferible dar á las barras sección plana mejor que cuadrada.

También suelen usarse á este objeto; el empalme llamado de *bisagra con pasador* (fig. 341), así como el empalme á rayo de Júpiter, doble cuña y *corte extremos en pico de flauta* (fig. 342).

otra, pero aquí, una vez puestas en junta las dos piezas, las superficies superior é inferior del enlace de horquilla son cilíndricas elípticas permitiendo con ello, una concentración de hierro, y más espesor en el mismo sitio de la unión.

e) *De talón y llave.*—En este empalme, las piezas están en contacto en una superficie bastante extensa, con relación á sus longitudes. Sea fig. 345 las dos piezas A y B, éstas en sus extremos, y en el sitio en donde van á enlazarse experimentan un ensanche en el sentido del grueso del hierro, este ensanche C y C', viene á reforzar el sistema, toda vez que en cada uno de los mismos se practica un resalto, de tal modo que una vez colocadas en junta las dos piezas, dejan en el centro un hueco rectangular D, á propósito, para introducir una fuerte cuña; esto es, la llave; base fundamental del empalme. Esta llave bien ajustada contra las paredes del mencionado hueco, retiene á las piezas por un ensanche ó *talones*, pues que cada uno de ellos al trabajar, comprime al otro, hacia la parte extrema en donde termina, cual es la *a*, en donde la pieza A comprime al B; y la *b*, en donde la pieza B, comprime al A; á cuyo efecto, estos hierros finalizan en estos puntos *a* y *b*, en un pequeño pico en forma de superficie cilíndrica, del ancho de las piezas, dirigidas la una hacia arriba y la otra hacia abajo.

Ya una vez puestas así juntas las dos piezas, se asegura todo el sistema por fuertes cinchos abrazaderas E y E', que obrando como collares, unifican semejante disposición, aseguran la llave y la inamovilidad de los talones, y hacen finalmente de las dos piezas una sola de la longitud deseada.

f) *De talón, pernos y cajas de retención.*—Aquí (figura 346), aunque las piezas se ensanchan como de ordinario en el sitio de la unión, sin embargo los talones de refuerzo, son independientes, pues no van formando parte, como en el caso anterior, con las piezas que se empalman. A más, estos talones C y C', ya en contacto con las piezas ya empalmadas y en contacto en la junta *ab*, vienen prietos y fijos en sus extremos en el interior de unas pequeñas cajas cónicas *d*, *d'*, que llevan consigo las piezas A y B, que se quieren enlazar, ya en contacto todas estas piezas, en la disposición que se ha indicado, se consolida y asegura la unión por medio de los pernos *m* y *n*, por lo que ya de antemano se habrá tenido buen cuidado de taladrar las piezas A, B, C y C', á fin de poder dar paso á los referidos pernos.



242. A rayo de Júpiter con clavija.—Son muy variados esta clase de empalmes, pues admiten gran número de disposiciones, y nosotros veremos un número limitado, pero los más corrientes y ellos serán bastante, para que con ellos podamos concebir, la solución que queramos; no entraremos tampoco, en los pormenores históricos, su trazado y teoría, pues todo ello lo tenemos ya indicado en la *Estereotomía de la Madera*.

a) *A simple rayo y clavija.*—Medio muy característico de enlazar dos hierros por sus extremidades, saliendo éstas cortadas por biseles de igual inclinación, y produciendo en el corte varios escalonados, imitando, el *zig-zag* que forma el rayo; al caer, dibujo que con frecuencia reproducen los pintores en sus lienzos.

Este empalme lo tenemos representado en la fig. 347; A y B son las piezas á empalmar; como siempre, ambas experimentan un ensanche, según el espesor de los hierros, en el mismo sitio de la unión, y cortados de tal modo sus extremos, á darnos la línea quebrada *t s q p n m* para el hierro A, é igual corte pero considerado en sentido opuesto para el hierro B; así, esta línea de corte para esta pieza, es la que sigue el camino *t s v r n m*, de modo que estas dos piezas puestas en junta, se ajustan en la recta *t n*, hacia la parte superior y en otra análoga por la parte inferior, y que parte del punto *m*, dejando en el centro de la unión un rectangular *r v q p*, el cual sirve para alojar una clavija pasante C, la cual fuertemente apretada, hace que la quijera de A, comprima empujando sobre *m n*, á la pieza B, al paso que la quijera de esta última, comprima empujando á la A por medio del plano de contacto *t s*, resultando ahora que como, esta clase de empalme obra por tensión, esto es tendiendo á separarse longitudinalmente las dos piezas A y B, tanto cuanto trabaje su actividad dicho esfuerzo, tanto mejor trabajará la clavija, en bién de la solidez y estabilidad del enlace,

b) *Rayo de Júpiter, corte recto, collares y clavija.*—Es el que representa la fig. 348, la faceta inclinada del caso anterior está aquí substituída por un corte recto, además se introducen los collares C, C', que presionan fuertemente á las piezas, asegurando más su enlace. Para la puesta en junta de estos collares, se echa mano, de unos trozos de madera, ó tarugos abiselados, que se ven en la figura, en los extremos de las piezas, hacia la parte superior de

la A, y hacia la inferior de la B, los cuales se hacen entrar á golpe de martillo, dentro de la abrazadera ó collar y así asegure el trabajo de éste. A fin de conseguir más este objeto, se terminan las mismas piezas A y B (fig. 351) por dos *tacones* ó resaltos *a*, *a'*, así como también á las dos piezas adicionales ó tarugos en *b*, *b'*, y entonces el marco del collar viene alojado á la par que retenido por semejantes resaltos. Otra variante de este sistema nos ofrece la fig. 348; estos tres ejemplos que se han expuesto, si bien se considera, no se les puede dar el nombre riguroso de empalmes, toda vez que los ejes de las piezas, no son prolongación uno de otro, como formando una sola línea, podría dársele con más propiedad el nombre de *acopladura* en los extremos de las piezas; pero hemos querido conservar la denominación que han convenido darle los autores que sobre este asunto particular han tratado. Será pues pertinente este enlace, en el caso particular que hayan de unirse dos piezas, en el sentido de su longitud, pero superpuestos en sus puntos extremos, así este particular empalme sería tal, dado caso que la pieza total, estuviera horizontal; que una de sus partes estaría á distinto nivel ó altura de la otra.

c) *Talón intermedio, dos cuñas y abrazaderas.*—Esta importante solución, tiene lugar, para cuando, se quiera empalmar los dos hierros A y B, (fig. 349), de modo, que se les pueda aproximar ó separar en más ó menos cantidad, estando así en libertad el constructor, de obrar conforme mejor le parezca, según le convenga la pieza total de mayor ó menor longitud. Las piezas á empalmar son las A y B; ambas llevan próximo á uno de sus extremos, una entalladura de todo el ancho de la pieza, una de estas entalladuras, está indicada en *a b c d*. Además, se acude aquí al auxilio de un nuevo hierro C, que sirve de intermediario de los otros dos, esta pieza, tiene también en una de sus caras, una entalladura *m ñ e q*, que abarca la mayor parte de la longitud del hierro, pero que en altura es igual á la de las entalladuras últimamente manifestadas. Esta entalladura de C, está únicamente interrumpida, por el mayor grueso que se ha dado á dicho hierro en su punto medio *s*. En este supuesto, colóquense, los hierros A y B, en sentido de prolongación uno de otro, superponiéndoles en seguida el C, de modo que los retallos ó entalladuras en ellos producidos, se combinen superior é inferiormente de modo, que dejen los huecos rectangulares *p q d c* y el que corresponde á la entalladura *m n*; entonces si introducimos clavijas, en dichos dos hierros, y las golpeamos fuertemente para aumentar el contacto, éstas mantendrán en junta las tres piezas, y dicho sistema estará si cabe más asegurado, recurriendo á las abrazaderas E, E' que aprisionan la pieza intermedia C, con las que se empalman A y B. Si bien se observan las distancias *bf*, *gh*, son las que permiten, el juego de C, sobre A y B, de modo que se corran estos últimos más ó menos, por traslación, aproximándose ó alejándose, permitiendo así en obra, obtener ó cuando menos, afinar la medida longitudinal del empalme; todo quedará reducido después, á cambiar las cuñas, con relación á los huecos que de el movimiento hubieran dejado las entalladuras.



d) *Rayo sin clavija.*—Es el más elemental en su género; simples entalladuras con redientes, algo agudos *a b c d e f g h*, (fig. 350) al objeto, de que haya más compresión en el contacto, es el único medio de enlace que aquí se emplea auxiliándolo empero las abrazaderas C, C' C'', que impiden todo movimiento que tienda á la desunión en el sentido vertical.

Empleánse esta clase de empalmes cuando las dos piezas han de estar solicitadas por fuerzas, que tiendan á separarlas en el sentido longitudinal, se infiere que en nuestra figura los sitios en que el hierro trabajará más es en las pequeñas entalladuras ó dientes *d c*, *f e*, por eso hasta cierto punto conviene, que el ángulo del rediente, sea cuando menos ligeramente agudo, para que así haya más tendencia al contacto y compresión, y por lo tanto más solaridad. De todos modos, el sistema de rayo de Júpiter, no se emplea tan profusamente en el hierro como en la madera, atención hecha al tejido fibroso de esta última, que se aviene más naturalmente á la obediencia á la tracción, insiguiendo los movimientos de los esfuerzos.

243. **A Tuerca y Tornillo.**—Este empalme es el característico para cuando se trata de los metales, pues se aviene perfectamente al modo de ser y naturaleza de semejante material; aquí el hierro, de dejarse filetear, quedando después de semejante operación, resistente, á pesar del corte afilado de la rosca y del filete; son varias las disposiciones á que se presta.

a) *Sencillo.*—Las piezas A y B, (fig. 352), llevan el co-

rrespondiente ensanche en sus extremos por donde van á empalmar; una de ellas, por ejemplo la B va armada de una espiga C, labrada de tornillo, mientras que la otra A, lleva la hembra C′ ó tuerca fileteada, en donde se alojará enroscándose por medio de vueltas avanzando, el tornillo C, hasta llegar al tope los planos de junta *ab*, *cd*, en cuyo caso las piezas así reunidas, estarán en prolongación una de otra, y tal como formando una sola y única pieza, de una longitud igual á la suma de las dos.

b) *Por manguitos.*—Es el manguito (fig. 353) una pieza M intermedia entre las dos A y B, que van á empalmarse, esta pieza, es de forma circular ó prismática, cuya base ó sección recta es igual á la de los ensanches practicados á la extremidad de dichas dos piezas. Lleva en sus bases y como salientes, dos espigas D, D′ fileteadas de tornillo pero fileteadas en sentido contrario, las cuales ceban respectivamente en tuercas abiertas en las extremidades de las piezas A y B.

Es á propósito este empalme, para cuando se quiera, dar la tensión que se desea á dichas piezas, y puedan estas que se van á empalmar, aproximarse ó separarse cuyo juego es conveniente dejarles en muchas ocasiones para que sean libres de extenderse ó encogerse con las variaciones de temperatura, pues de no poder efectuarse así, se malograría el sistema.

Otras veces, se cambia en estas piezas la disposición de las tuercas y tornillos; pues se dan casos en que el *manguito*, es el que lleva la hembra, labrada en doble tuerca, y las piezas A y B son las que llevan las espigas en tornillo, y aquí insiguiendo el mismo sistema anterior, estos tornillos están fileteados en sentido contrario, esto es, uno lleva la rosca de derecha á izquierda, y el otro de izquierda á derecha. Con esto no hay más que atornillar los espigones á las dobles tuercas del manguito, para que tengamos el mismo resultado que el anterior empalme (1).

(1) También se llama en especial *empalme con manguito* el que se hace para unir los extremos de los alambres de una línea telegráfica, introduciendo las puntas en un manguito cilíndrico y metálico, al través del cual pasan los hilos de uno á otro lado, sujetándolos por medio de tornillos ó haciendo que terminen en gancho que apoyen sobre cuñas que la misma tensión de los alambres obligan á entrar y á apretarlo.

También se llaman *empalmes de manguito*, al tratar de empalmar piezas prismáticas, pues entonces el manguito, se reduce á unos tubos pequeños en los que entran los extremos de las dos piezas, sujetándolas al manguito con pernos y mejor con roblones.



c) *De bastidor.*—Esta unión es derivada de la solución precedente, el manguito queda aquí substituído por un *anillo* C; esto es el *bastidor* (fig. 354) reforzado en sus extremos, con prismas que llevan interiormente tuercas labradas en direcciones distintas una de otra, en las cuales se ceban los tornillos labrados en los extremos de las piezas A y B que se empalman. Esta clase de uniones, es aplicable á los tirantes de los cuchillos de armadura, pues sirve para templarlos en el grado que convenga.

Con igual éxito puede emplearse el empalme de *bastidor* ó de *eslabón*, para atar paredes de tinglados, evitar, la reparación de muros de una estancia ó edificio, resistir provisionalmente el empuje de bóvedas cuyos estribos tengan que repararse. Los extremos de las piezas que aquí obran como tirantes, terminan en ojo (fig. 333) por el que pasa una llave que se empotra en la fábrica, ó que se deja, aparente en las fachadas, en las que si éstas tienen alguna importancia, aun pueden servir y acusarse dichas cabezas de retención, como á motivos de decoración.

Véase la fig. $D^3$, que demuestra el caso directo de aplicación del empalme de *bastidor*, por medio de tirantes transversales, situados á la altura en que ejerzan empuje las bóvedas.

244. Por encepadura.—Este caso especial está representado en la fig. 291 de la lám. 11; las dos piezas que hay que empalmar son las C y C′ que se supone forman parte de un tirante de armadura; pero con el pié forzado una vez enlazadas, de dejar entre ellas hierro para el paso de una pieza vertical (el péndolón). En este concepto el enlace se efectúa por medio de dos chapas B, B′, entre las cuales van comprendidos los extremos de los hierros C y C′, los cuales van unidos con dichas chapas por medio de pasadores; entonces es cuando se aprovecha el espacio que hay entre las dos chapas, espacio que será igual

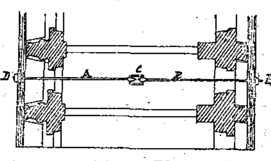


Figura $D^3$

al grueso de los extremos de las piezas de hierro C y C'; para que por él pueda pasar el hierro vertical A, el cual recoge al tirante, en general, con el auxilio de la clavija pasante D.

245. **De ligadura.**—Es el medio de enlazar los extremos de los alambres telegráficos acoplándolos, doblando sus puntas, y en el trozo en que se sobreponen arrollar alrededor de ámbos un alambre delgado y bien apretado. Conviene soldar este empalme con plomo y estaño para que quede mejor establecido el contacto.

246. **De torsión.**—Otro medio de unir los extremos de los alambres telegráficos, y consiste en tirar de ellos hasta que pasen el uno al otro en cierta extensión; se sujetan ambos en el centro de este trozo común por medio de una tenaza ó entenalla, y valiéndose de una hilera, se arrolla en espiral cada cabeza alrededor del otro alambre.

Este empalme establece los contactos medianamente, y es preferible el que consiste en arrollar juntos los dos alambres en toda la extensión común por medio de las tenazas.

247. **Por encepadura, corchete y pernos.**—Regularmente se emplea para el empalme de piezas curvas; así (figura 355) si se trata de empalmar los hierros en forma de curva A y B, éstos se unen desde luego, en virtud del corte de corchete *abcd* producido á medio hierro y este contacto se consolida luego por dos piezas gemelas C y C', de igual altura y curvatura de aquéllos, los cuales en contacto lateral con C y C', una por una parte y la otra por el lado opuesto, comunican á la pieza total, más grueso, aprisionando á los hierros empalmados con el auxilio de los pernos pasadores de las cuatro piezas.

Tiene este empalme frecuente aplicación en los cuchillos de forma curvilínea.

248. **Empalme de palastros.**—Los enlaces de las hojas de palastro, que hayan de efectuarse en el sentido de su longitud, esto es, que hayan de empalmarse pueden dividirse en dos grandes agrupaciones, en la primera cabe, cuando las planchas de palastro están en contacto por testa, esto es, que no están en parte solapando, y en la segunda cuando se sobreponen por sus extremos.

a) *Planchas por testa.*—Lo representa la fig. 357, lámina 13. Las hojas A y B se tocan por su canto, y por lo tanto están en prolongación una de otra, en este estado, colocando por una y otra parte una chapa C', C'', que coja á las dos, fijándolas luego por medio de dos roblones, tendremos en definitiva concluído el enlace.



*b*) En la fig. 358 las dos hojas de palastro tienen mucha más extensión que en la fig. 357 y por esto, las chapas han de ser mayores (estas chapas las conoceremos desde ahora con el nombre de ***cubrejuntas***), aunque de la misma altura de las hojas cuya junta cubren, eso llevará en sí, la introducción de mayor número de roblones, los cuales se colocan formando filas horizontales y verticales, y aun mejor al tresbolillo (1). La fig. 359, muestra, cuando son más de dos, las planchas que se van á empalmar, en este caso se ha de cuidar, que dos juntas interiores, no vengan en una misma línea.

c) *Planchas con solapa.*—En este caso (fig. 356), la hoja B, se superpone á la A, y en seguida los roblones se encargan de hacer solidaria la unión, aquí la junta es vista.

Ya en párrafos anteriores nos hemos extendido lo bastante, pasando en revista y estudiando la construcción del roblón así como las operaciones que son inherentes á su colocación, mas atención hecha que el roblonado, constituye la base del empalme de que tratamos, es por lo que entraremos ahora en algunos detalles y noticias sobre su resistencia y disposiciones, datos todos de gran número de experiencias de hombres ilustres que á semejante estudio se dedicaran.

Hemos visto pues, que el roblón colocado en caliente, fija por completo las hojas de palastro que se empalman, más éstas en lugar de ser en número de dos, pueden ser en número mayor, apareciendo superpuestas, con el fin de aumentar el grueso de la pieza total que así resulte, por exigirlo así la resistencia á que tenga de trabajar, deduciéndose de aquí, que según sean el número de planchas superpuestas que el roblón tenga de aprisionar, así las dimensiones de éste, hayan de amoldarse al mayor trabajo que aquéllas le obliguen á efectuar.

Pues bien; la resistencia á que está sometido el roblón en

(1) ***Tresbolillo*** y también ***quinconce***, nombre que se usa entre los agricultores para expresar la disposición, que adoptan para el plantío de árboles y cepas; así éstas se colocan de suerte, que cada cuatro formen un cuadrado, y otra ocupe el centro de él, y así sucesivamente; de manera que cada dos que ocupen dichos centros, sirvan para formar los lados de otro cuadrado. Por analogía se emplea pues dicha palabra, para la disposición de los roblones, cuando vengan con aquella manera colocados.

circunstancias tales; se ha visto prácticamente, que es de dos clases y son: Primero. Resistencia al *desgarro*. Segundo. Resistencia á la *presión* por resbalamiento.

La primera, es debida á la tendencia que tienen las hojas superpuestas de separarse, tirando cada una por su lado, al vástago ó alma del roblón, cual fijo, se opone á este pernicioso movimiento; con este motivo, dichas hojas de no tener bastante resistencia, sufrirían un desgarro, obrando como las hojas ó piernas de unas cizallas, cuyo eje es el mismo roblón, razón por la cual, los franceses, á esta resistencia que opera el roblón, la llaman resistencia *an cisaillement*.

La segunda clase de resistencia proviene; (dado que el alma del roblón no se aloje bien prieto en su orificio, y quede su juego algún tanto libre) de la compresión que tiene lugar entre una de las hojas, y la parte inferior de la cabeza del roblón, pues aquella tiene tendencia al separarse de su compañera, no solamente de tirar por su lado, sino también de levantarse, y entonces es cuando presiona por resbalamiento la cabeza del roblón, como si quisiera quitarle de su aloje.

Conocidas ya semejantes resistencias, salta desde luego á la vista; como precisa, que sobre el roblón, no pese la resistencia al desgarro, pues si tal sucediera, el vástago de este, obraría sobre los cantos ó bordes de los orificios en las hojas del palastro y tendería al desgarro de éstas, que al fin y al cabo se malograrían. La misión del roblón ha de ser pues, que al entrar bien prieto en su orificio, comprima fuertemente con sus cabezas, á las hojas del palastro, y éstas así perfectamente adheridas y presionadas, les sea totalmente imposible adquirir ningún movimiento, y por lo tanto, quedando así anulado todo resbalamiento. Como á consecuencia ahora, se desprende, que semejante adherencia, ha de existir también entre la hoja y el roblón, y así referir á éste, el esfuerzo de tracción de aquélla, la cual de este modo quedará incólume.

También se infiere de ello, que las hojas de palastro, retenidas como se ha indicado, por roblones bien ajustados; y dado caso tenga que sufrir esfuerzos de compresión, los resistirá tal como si fuese entera, esto es, que los orificios en ella practicados, para ser atravesados por los roblones, no la habrán debilitado ni quitado ninguna fuerza, toda vez, que los huecos ú orificios, vienen á ser ocupados por el cuerpo del roblón, el cual viene á sustituir á los trozos ó elementos



que se han cortado, y en cuanto se suponga que el esfuerzo que obra en ellas es el de la extensión, este, tendremos completa seguridad de ser combatido, según se ha dicho, por la compresión y ajuste del roblón, que pondrá en perfecto contacto é inamovibles las hojas, en virtud de lo enérgico del esfuerzo que se desarrolla, por la contracción que sufre su alma ó vástago al enfriarse. Mas si el roblón, no tuviera las dimensiones necesarias para resistir los esfuerzos de tracción que obran sobre las hojas del palastro, ó bien su colocación no estuviera en las condiciones que son de desear para evitar aquel esfuerzo, entonces se descubriría su impotencia en su misma sección recta, donde actúan los bordes de los orificios de las planchas; en cuyo sitio aparecería una dobladura ó flexión, cuya curvatura más ó menos acentuada, daría idea de la intensidad del esfuerzo desarrollado, pues cuanto más fuera este último, más el metal del alma del roblón, aparecería alargado en dicha curvatura. Semejante hecho ha sido bastante para poner en evidencia la analogía que existe entre el esfuerzo de *tracción* y el que hemos llamado de *desgarro*.

Y en efecto, con este precedente, se realizaron experiencias, sometiendo un roblón al mentado esfuerzo de desgarro, colocándolo según indica la fig. 360, atravesando tres hojas de palastro A, B, C, permitiendo un ligero juego la hoja internada C, á fin de facilitar el movimiento de resabale, de la misma, hasta encontrar el roblón en sus secciones rectas $a$, $b$, $c$, $d$, al mismo tiempo que se solicita á la dicha hoja, por un esfuerzo F, lo bastante intenso, hasta llegar á iniciar el desgarro en las secciones mentadas $ab$, $cd$; encontrando como á término medio de semejantes experiencias, que es necesario un esfuerzo de 36'69 kilos por milímetro cuadrado, para una carga capaz de romper dicho roblón. Ahora bien, sometido el hierro á un esfuerzo de extensión; para llegar á la rotura se necesita desarrollar un esfuerzo de 36 á 40 kilos por milímetro cuadrado; de lo cual se infiere existe muy poca diferencia entre los esfuerzos de tracción y de desgarro. De semejantes hechos se han deducido los siguientes extremos, que sirven de guía para las condiciones de resistencia de los roblones.

1.° La resistencia del roblón, á un esfuerzo de desgarro transversal en dirección de su sección recta, es proporcional al área de dicha sección recta.

2.° La propia resistencia, para los efectos prácticos, puede conceptuarse, como la que necesitaría una barra de hierro cuya sección recta, fuese la misma que la del roblón, y que estuviera sometida á la tracción longitudinal.

3.° El roblonado puede estar afecto á varias secciones de rotura por desgarro, y el número de semejantes secciones, depende del número de las planchas de hierro que hay que aprisionar.

Así por ejemplo, tratándose de sólo dos planchas (fig. 356), habrá solamente una sección de rotura, será la *ab*, si el número de planchas fuese de tres, como muestra la fig. 360, entonces el número de secciones de rotura serían dos; las *ab*, *cd*; si son cuatro el número de planchas, como en la figura 361, serán tres las secciones de rotura, y así sucesivamente, y en general siendo $n$, el número de planchas que hay que combinar; $n-1$ sería el número que expresaría las secciones de rotura que obrarían en el roblón.

4.° Como á consecuencia del segundo extremo que antecede, y siendo por él, aproximadamente igual el efecto que producen en el hierro los esfuerzos de tracción y desgarro, se infiere que; los roblones que se usen, para que reúnan las condiciones suficientes de resistencia, para sujetar las planchas que les concierne, se hace preciso, que la suma de las secciones de los roblones de una junta, sea igual á la área de plancha, conservada entre dichos roblones. Semejante prescripción, como vemos hace abstracción del frotamiento que produce el roblonado, el cual aumenta considerablemente la resistencia del empalme (1).

(1) Con respecto á este cuarto extremo Mr. Fairbairn, fué el que dedujo en sus varias experiencias para comparar la resistencia de las hojas de palastro, con la que concierne á los roblones, que hayan de sujetarlas, deduciendo que unas y otras, han de ser igualmente resistentes. Como de paso se extiende también en consideraciones sobre el efecto, que produce en dichas planchas, las perforaciones, para establecer los agujeros en donde hay que alojar los roblones; y esto de sí, ya indica como á consecuencia axiomática, que la plancha quedará debilitada de todo el esfuerzo de que era capaz, el metal que se ha quitado para establecer dicha perforación, cuya resistencia se la devuelve los correspondientes roblones, por eso al establecer estos últimos, se ha de tener en cuenta de dejar como mínimum, igual hueco que macizo ó lleno, en las correspondientes distancias *entre roblones y estos últimos*. Así por ejemplo, si el número de roblones es $n$, el número de los intervalos será $n+1$; (teniendo en cuenta los bordes); así es que si llamamos por $d$, el diámetro del roblón, tendremos que el área total de la sección resistente será $(n+1)\,d$; mientras que el ancho total de la plancha vendrá expresado $(2\,n+1)\,d$.

De aquí se infiere que en virtud de dicha perforación, la plancha quedará debilitada en la relación de

$$\frac{(n+1)\,d}{(2n+1)\,d}=\frac{n+1}{2n+1}=\frac{2\,(n+1)}{2\,(2n+1)}=\frac{2n+2}{2\,(2n+1)}=\frac{2n+1}{2(2n+1)}+\frac{1}{2\,(2n+1)}$$

$$=0'50+\frac{1}{2\,(2n+1)}$$

Así en este caso, de perforación á una sola línea de roblones reducen á la mitad próximamente, la resistencia de que es susceptible la plancha entera esto es sin horadar.



Por regla general, las proporciones del roblón se hacen depender del diámetro ó grueso que deba tener, viniendo dada cada una de sus dimensiones en función de dicho diámetro. Así siendo (fig. 363) el roblón de que se trata, las relaciones que existen entre dicho diámetro y aquellas dimensiones son las siguientes: partiendo de que el diámetro sea igual á 1 y llamando

D = este diámetro ó grueso del vástago del roblón.

D′ = diámetro en la parte inferior de la cabeza del roblón (cabeza esférica).

R = radio de dicha cabeza.

A = altura de dicha cabeza.

$a$ = vuelo de la cabeza sobre el vástago.

$b$ = excedencia del vástago para llevar á cabo la robladura

D = 1
D′ = 1'67.
R = 0'80
A = 0'60
$a$ = 0'33
$b$ = 1'12

En los talleres de fabricación de roblones, se tiene por práctica, determinar la longitud L, del alma del roblón, inclusión hecha del suplemento para hacer la cabeza del roblonado, añadiendo á la dimensión que indica el total espesor de las planchas que hay que atravesar, una vez y media el diámetro que tenga el roblón. Así, si se trata del enlace de cuatro planchas de hierro cuyo espesor de cada una de ellas sea 12 milímetros, siendo el roblón tal, que su diámetro sea 20 milímetros, entonces dicha longitud será $L = 4 \times 12 + 20 + 10 = 48 + 30 = 78$ milímetros.

Se comprende ahora, como dependiendo semejantes datos, del indispensable diámetro, este á su vez que fija el

grueso y resistencia del roblón, dependerá á su vez, de la fuerza que ha de oponer á las planchas de hierro que aprisiona, y por lo tanto dependerá del grueso ó espesor total que ellas formen.

Las repetidas experiencias hechas á este objeto han dado los siguientes resultados: 1.° con los roblones cuyo diámetro fluctúa de 8 á 20 milímetros, podrán sujetarse las planchas que forma en su espesor un total que podrá variar de una á tres veces el diámetro. 2.° con los roblones de diámetro 25 milímetros (cuales ya son las más potentes), podrán sujetarse planchas formando un total espesor que fluctúe entre cuatro y seis veces dicho diámetro. Muchos constructores, y es muy corriente el admitir el diámetro igual al doble del espesor de las planchas que hay que aprisionar.

Para mayor facilidad, en la elección del diámetro que más convenga al roblón que se aplique, según los casos, damos á continuación un cuadro explicativo, formado con arreglo á los distintos experimentos hechos sobre el particular, extendiéndolo para que sirva más adelante, para cuando se introduzcan los hierros de ángulo que forman las cabezas de las vigas de palastro.

*CUADRO práctico que indica proporcionalmente al diámetro del roblón. 1.° El espesor de la plancha. 2.° La distancia entre roblones, y 3.° Las dimensiones de los hierros de ángulo que aprisionan dicha plancha.*

| Diámetro del roblón | Grueso de la plancha | Distancia de roblones en el sentido longitudinal de las piezas | Dimensiones de los brazos de los hierros de ángulo | Distancia del vértice de la escuadra al centro del agujero |
|---|---|---|---|---|
| 8 m/m | 6 m/m á 12 m/m | 50 m/m á 60 m/m | 35 m/m × 35 m/m | 19 m/m |
| 10 » | 10 » á 12 » | 60 » á 70 » | 40 » × 40 » | 22 » |
| 12 » | 12 » á 14 » | 70 » á 80 » | 45 » × 45 » | 24 » |
| 14 » | 14 » á 16 » | 80 » á 90 » | 50 » × 50 » | 27 » |
| 16 » | 16 » á 20 » | 90 » á 100 » | 60 » × 60 » | 31 » |
| 18 » | 20 » á 25 » | 100 » á 120 » | 70 » × 70 »<br>75 » × 75 » | 38 »<br>41 » |
| 20 » | 25 » á 35 » | 100 » á 120 » | 80 » × 80 »<br>85 » × 85 » | 43 »<br>46 » |
| 22 » | 35 » á 50 » | 100 » á 120 » | 90 » × 90 » | 48 » |
| 25 » | 50 » á 70 » | 100 » á 120 » | 100 » × 100 » | 56 » |

Por todo lo que antecede, se deduce que al ir á practicar una junta de ensamble entre los palastros, precisa el mayor cuidado en adoptar el número de roblones necesario, y no más; para que queden satisfechas las condiciones de igual



resistencia, entre las hojas de palastro que se ensamblan y los roblones que las retienen, cuales dependen también del número de sus secciones transversales que trabajan para evitar los efectos del resbalamiento por desgarro. A este fin Mr. Love, en su *Tratadò de las resistencias del hierro y la fundición*, nos dá una fórmula muy sencilla y expedita, por la cual se determinan el número de estas *secciones de desgarro*, únicas é indispensables que son menester, para satisfacer á estas condiciones de igual resistencia.

He aquí la fórmula $N = \frac{T'\ e\ (l\text{-}d)}{0'52\ T\ d^2}$ en ella representan

N el número de estas secciones del roblón.

T′ la resistencia por centímetro cuadrado, á la tracción, por rotura de la hoja de palastro 3600 kilos.

T la resistencia por centímetro cuadrado del hierro del roblón, rotura por tracción 4000 kilos.

*d*. diámetro del roblón.
*l* ancho de la plancha de palastro.
*e* grueso de idem.
} Estos tres valores en centímetros.

(*l*-*d*) ancho de la hoja de palastro, menos la suma de los diámetros de los roblones colocado sobre una misma línea transversal; de modo que dicha expresión se convertirá en (*l*-2 *d*), cuando sean dos los roblones; (*l*-3 *d*) cuando sean tres, y así sucesivamente.

Fijada ya con esta fórmula el número de secciones transversales de desgarro, puédese luego fácilmente determinar el número de roblones que las concierne para la hoja ú hojas de ensamble de que se trate, según que cada roblón haya de tener uno, dos, tres, etc., secciones transversales de desgarro.

Apliquemos esta fórmula á un ejemplo. Sean (fig. 364) A y B dos hojas de palastro, que hay que empalmar por testa, echando mano de dos cubrejuntas C y C′. El grueso de A y B es de 12 milímetros para cada una, mientras que el grueso de la C y C′ es para cada una de 6 milímetros.

El ancho de las hojas es de 30 centímetros, así $l = 30^c$.

El diámetro del roblón es de 1.c 8, esto es 18 milímetros, encontrados según el cuadro anterior.

El grueso de las hojas se ha dicho que era 12 milímetros; y en centímetros 1 c 2.

La expresión (*l*-*d*), se convierte aquí en (*l*-2 *d*), pues en virtud de la distribución especial de los roblones, hay dis-

puesto dos en cada línea transversal y por lo tanto la expresión ($l$-$2\ d$) será aquí igual á 26.$^c$ 4 sustituyendo pues ahora todos estos valores en la fórmula en cuestión y efectuando las operaciones indicadas vendremos á obtener el número de 16'88 para el valor N.

Ahora inspeccionando la figura explicativa, veremos en ella, que existen tres planchas, esto es, la del empalme y las dos cubrejunta, luego había 3-1, secciones ó sean 2 secciones de resbalamiento de desgarro para cada roblón, de lo cual se infieren que son necesarios *ocho roblones y medio*. Si hacemos abstracción de la parte fraccionaria quedaría solamente el número de *ocho*.

De adoptar este número, y de existir dos roblones según se ha dicho en el sentido del ancho ó transversal de la plancha, para cada línea ó fila vertical que pase por sus ejes; es más conveniente colocarlos según el sistema del *Tresbolillo*, esto es, alternando tal como muestra la fig. 364. Sin embargo, como quiera que, al despreciar la fracción, así como escogido el número entero 8, hubiéramos podido escoger el número par, inmediatamente superior tal como el 10, adoptando este número como generalmente se hace en la práctica, hay lugar, á distribuir mejor los interespacios entre los roblones y así aprovechar con más ventaja las propiedades de resistencia del hierro. Iguales consideraciones haríamos de haber encontrado en lugar del número 16'88, un número impar cualquiera escogiendo el número par inmediatamente próximo superior.

Así pues adoptando el número 10 podemos disponer ahora cuatro filas horizontales, dos de ellas de 2 roblones y las otras dos de 3 roblones cada una, colocadas al tresbolillo, y entrando solamente dos roblones para cada línea vertical correspondiendo al ancho de la plancha, tal como muestra la fig. 364 en donde ya en esta disposición se aprovecha en todo lo posible la resistencia de la plancha de hierro, correspondiendo á la vez semejante disposición, á la igualdad de resistencia de planchas y roblones (1).

(1) Más aparte de lo interesante de la fórmula de Mr. Love, con la cual se viene en conocimiento del número de roblones, calculado que antes sea el número de secciones de desgarro; puédese encontrar aquel primer número de una manera más directa; estableciendo una ecuación de condición, en la que se manifiesta lo igualmente resisten-



*Distancias á los bordes de la plancha.*—Se han hecho

tes que son al trabajar, tanto las hojas del palastro como el hierro del roblón.

En efecto sea S la sección transversal del roblón y S', la de la plancha de palastro. La adherencia de las hojas de palastro, cuando están comprimidas por la cabeza del roblón, puede admitirse el maximum experimentalmente ser de 14 ó 16, kilos á razón de milímetro cuadrado, de la sección transversal del roblón mentado, así es que tomando para la seguridad útil, el cuarto de dicho número, cual suele hacerse en la práctica, resultará la cantidad de 3'5 kilos que tendremos en cuenta y así el esfuerzo útil que pesara en la sección de desgarro del roblón vendrá expresada por $3'5 \times S = 3'5 \times \frac{\pi d^2}{4}$, ó bien suponiendo que se trata de $n$ roblones $\Sigma \times 3'5 = 3'5 . \frac{\pi d^2}{4} \times n = R$. llamando R, al esfuerzo que opera sobre el roblón ($\Sigma$, es aquí la suma de todas las áreas S, de los $n$ roblones). La letra $d$, expresa el diámetro del roblón.

Del propio modo sabiendo, que 28 kilos, representa el coeficiente de la resistencia al desgarro de la hoja de palastro, podemos tomar para la seguridad el número que resulte de trabajar á la cuarta parte, esto es suponer que trabaje á 7 kilos por milímetro cuadrado, así es que llamando $e$ á su espesor ó grueso y $l$ á su ancho ó latitud; se tendrá expresado su sección de resistencia por $S' = e\ l$ al paso que su propia resistencia será $R' = S' \times 7 = 7 \times e\ l$ é igualando los valores de R y R', tendremos ya la ecuación de condición

$$7 . e . l = 3'5 . \frac{\pi d^2}{4} . n \qquad (1)$$

y adoptando $d = 2\ e$, conforme se hace en práctica la fórmula se convertirá en esta otra. $7\ l = 3'5 . \pi . e . n$, de donde $n = \frac{7\ l}{3'5 . \pi\ e} = \frac{2\ l}{\pi\ e}$ (2).

También en el terreno de la práctica se adopta el número de 7 kilos en lugar de los 3'5 kilos asignados antes en el trabajo del roblón, y entonces la fórmula (2), se facilita y se convierte en esta otra $n = \frac{l}{\pi\ e}$ (3).

Apliquemos al objeto de fijar las ideas; esta fórmula á un caso particular, y sea (fig. 365) dos hojas de palastro que se trata de ensambles por medio de roblones; siendo el ancho de ellas 400 milímetros, esto es $l = 400$, y su grueso 10 milimetros, haciendo $e = 10$, instituyendo valores en la fórmula $n = \frac{l}{\pi\ e}$, será $n = \frac{400}{3'1416 \times 10} = 13$.

Trece pues son el número de roblones que habremos de emplear ¿más en que disposición toca colocarlos? esto lo deduciremos fácilmente partiendo de un dato práctico, cuál es, que la separación de dos roblones contada entre sus ejes sea igual á 4 veces el espesor $e$ de las planchas esto es, llamando L esta separación, tendremos que satisfacer la

muchas experiencias, comprobadas por medios analíticos, sobre cual ha de ser la distancia, que ha de mediar entre los últimos roblones de las líneas que ellos forman, á los bordes ú orillas de las hojas del palastro que sujetan, al objeto de asegurar la resistencia de dichas hojas en tales sitios, para que ellas no sufran desgarro, como de ello aparece en las figuras aclarativas (figs. 372 y 373) y de todos los resultados que de ello se han obtenido, resulta que en su término medio, puede adoptarse una distancia en función del diámetro, igual entre una vez y vez y media el diámetro del roblón; fluctuando entre tales distancias, á causa de no concretarse el ensamble, á la unión de simples hojas, sino que puede darse, y se da el caso de la superposición de más de dos hojas, aumentando así el grueso de la unión, como de ello dan ejemplo las figuras 360, 361, 362.

Mr. Clauzel particulariza aun más, si cabe este importante dato, y al efecto dá el siguiente cuadro sinóptico, después de haber convenientemente razonado las consideraciones que se desprenden del análisis, paro con el modo de actuar la plan-

---

igualdad $L = 4\,e$, ahora bien, es evidente, que siendo 13 el número de roblones, no sería posible colocarlos en una sola línea, toda vez que tendríamos 12 distancias, de intereje, ó sea $12 \times 40 = 480$ milímetros, con más, las distancias parciales de los extremos de la plancha, y como no más contamos con el ancho de 400 milímetros, no cabe en esta, aquella de mayor cabida. Más semejante dificultad quedará solventada si colocamos en dos filas distintas los roblones, dividiendo su número en dos agrupaciones, $13 = 7 + 6$, colocando siete roblones en la primera línea (fig. 365) y seis en la segunda, estas al tresbolillo para con respecto á la primera, y entonces el entreeje será $\frac{400}{7} = 57$ milímetros satisfaciendo á la cuestión por ser mayor que el mínimum de $4 \times 10 = 40$.

También se puede adoptar la disposición de *cuadrícula* de la figura 358 pero entonces se impone otro roblón, quedando así siete roblones para cada línea.

La fórmula matriz (1), es susceptible aún de mayor generalidad, toda vez que aquí hemos supuesto, tan sólo dos planchas superpuestas, y bien podríamos imaginar un número mayor como en la figura, 362 entonces llamando N, el número de gruesos $e$, ó sea el número de planchas, la fórmula se convertirá en esta otra

$$7 \,.\, e\, l\, N = 3'5\, \frac{\pi\, d^2}{4}\, n \text{, y haciendo en ella } d = 2\,e$$

se convertirá en $n = \frac{2\, l\, N}{\pi\, e}$ (4).



cha y el roblón en las inmediaciones del borde ú orilla de dicha plancha.

### DISTANCIA DEL CENTRO DEL ROBLÓN AL BORDE DE LA PLANCHA

| | | A simple solapa | A doble solapa |
|---|---|---|---|
| Planchas de hierro... | Hasta $0^{m}'010$ de grueso.. | $1^{d}\ \frac{3}{4}$ | $1^{d}$ y $\frac{3}{4}$ |
| | De $0^{m}'010$ en adelante... | $1^{d}\ \frac{1}{2}$ | |
| Planchas de acero | Hasta $0^{m}'010$ de grueso. | $1^{d}$ y $\frac{3}{4}$ | Hasta $0^{m}'020$....... $2^{d}$ |
| | De $0^{m}'010$ en adelante.. | $1^{d}$ y $\frac{1}{2}$ | De $0'^{m}020$ en ad.$^{te}$.. $1^{d}$ y $\frac{3}{4}$ |

Vemos, pues, que según estos datos, es la distancia de l y $\frac{3}{4}$ de diámetro del roblón, la que corresponde dar, á la ue medie entre los últimos roblones de cada fila; á las orillas le la plancha, y aquella distancia es aquí general, en todos os casos, exceptuando soltanto para las juntas de los palasros de acero, á doble cubrejuntas inferior en grueso de 20 nilímetros.

*Distancia de las líneas de roblones, ó de estos entre sí, disposición de dichas líneas.* Son varias las disposiciones ue pueden adoptarse según los casos, para con respecto á as líneas y filas de los roblones; más las principales y de las uales se derivan las otras; son dos, y ya las hemos visto nteriormente. Así, cuando es igual, el número de roblones de as dos filas consecutivas, ellos pueden colocarse en la disposición llamada *rectangular* ó de *encadenado* (fig. 358) ó omo en la fig. 365 llamada al *Tresbolillo* ó en *tablero de jedrez*, para cuando no es igual aquel número en dichas los líneas. El primero es el que priva más en Inglaterra, sin ue se acierte á descubrir por otra parte, el porque de semeante elección, pues no se ha probado aun la superioridad de esistencia que pueda tener, para con respecto el sistema alernado ó segundo que hemos así clasificado; sin embargo, omo á disposición, sí; es más conveniente, toda vez que si

se trata de los cosidos ordinarios de á dos filas de roblones, permite que cada fila tenga el mismo número de roblones, sin que ni el primero ni el último de cada una de ellas, esté demasiado vecino de la línea borde de la junta.

Cuando se adopta la disposición (fig. 358) *rectangular*, la distancia comprendida entre dos filas, esto es la zona que va de uno á otro extremo, ó sea hasta llegar á los dos bordes de la plancha, ha de ser suficiente holgada, á fin de que el esfuerzo que tiende á guillotinar los roblones, no desgarre la plancha en el sentido perpendicular á la línea de los orificios. Débense, pues, guardar las mismas precauciones en el ancho ó zona de la interfila, que las que se tuvieron en cuenta al considerar la distancia de la primera fila á la línea de borde, y aún aquí, hay lugar á la adopción de un número mayor, atención hecha, á que lo debilitado de la zona, en virtud de los orificios practicados, es aquí doble que en el primer caso de los bordes; sin embargo se ha comprobado, que dando á este ancho de zona una dimensión igual á *un diámetro y medio del roblón*, hay bastante seguridad de resistencia; y en efecto, es el número que en la mayor parte de casos se emplea.

Cuando sea el tresbolillo la disposición que se emplea, esto es, la de la fig. 366, entonces todo el cuidado, se ha de dirigir de modo, que la hoja no pueda desgarrarse, según la línea quebrada que pasa por los roblones vecinos de dos líneas consecutivas, esto es, por los roblones $a$, $b$, $c$, $d$,... etc.

Para esto, bastará que la separación que media entre un roblón de la primera fila y los dos más vecino de la segunda, sea siempre mayor que la separación que exista, entre dos roblones de la primera fila, y semejante requisito es bien obvio, desde el momento que se atienda, que la carga por milímetro cuadrado que obre sobre la plancha, será siempre menor, obrando en el sentido de la línea oblicua ó quebrada, que no en el que lleva la recta que une la sucesiva fila de los roblones; luego si estos últimos están espaceados lo suficiente para garantir la no rotura de la hoja, con mayor razón lo estarán los primeros.

Así teniendo en cuenta una costura comprendida entre dos líneas de roblones equidistantes, bastará satisfacer á la expresión

$$2(B-d) > l-d,$$



ó lo que es lo mismo

$$\frac{B}{d} > \frac{E+1}{2} \text{ (1) } (\varphi),$$

en la que B representa la distancia diagonal de dos roblones contiguos comprendidos de eje á eje de dichos roblones; D la distancia ó ancho de las dos líneas contiguas de roblones, y $l = Ed$, la separación de los ejes de dos roblones consecutivos de una misma línea siendo $d$ el diámetro del roblón.

Con arreglo, pues, á la expresión ($\varphi$) últimamente encontrada y una vez conocidos los datos E y $d$, se podrá fácilmente dar á B un número que esté, dentro la expresada relación que indica ($\varphi$), y ya una vez asignado éste, entonces con la distancia que aquel expresa, y haciendo centro en los puntos $b$ y $d$ (fig. 366), se cruzaran con un compás, dos arcos en $c$ hacia la parte inferior, toda vez que según indicamos, el valor de B, representa el de cada uno de los lados $bc$, $dc$, del triángulo isósceles, por cuyo vértice $c$, pasa la segunda línea de roblones. Sin embargo, semejante procedimiento empleado generalmente en muchos talleres de Francia y Alemania, deja algún tanto que desear, pues no proporciona taxativamente de un modo directo, el dato necesario de B, para producir el lado del triángulo isósceles ó sea el ancho de los cruces de los dos arcos, que nos dan el vértice $c$; y con ello la separación de las dos filas de roblones; así es, que, teniendo de partir de una expresión de desigualdad tal como la ($\varphi$); es preferible tener á mano el dato D, ó sea la distancia que separa las dos filas de roblones, considerando las dos rectas paralelas, la una que pasa por los centros de la 1.ª fila, y la otra por los centros de la 2.ª

(1) En efecto, si en $2(B-d) > l-d$, efectuamos la multiplicación indicada y substituímos á $l$, por su igual E$d$, será

$$2B - 2d > Ed - d$$

$$\frac{B}{d} - 1 > \frac{Ed-d}{2d}$$

$$\frac{B}{d} > \frac{Ed-d}{2d} + 1$$

$$\frac{B}{d} > \frac{Ed-d+2d}{2d}$$

$$\frac{B}{d} > \frac{E+1}{2}$$

A este efecto la fórmula ($\varphi$), puede ponerse bajo la forma

$$\text{de } (\delta)\ \frac{D}{d} > \sqrt{\frac{E}{2}+\frac{1}{4}}\ (1);$$

de la cual se infiere,

$$E < 2\left[\left(\frac{D}{d}\right)^2 - \frac{1}{4}\right]\ (\gamma).$$

Ahora en méritos de la expresión ($\delta$), podemos inferir el valor de D, una vez fijada la cantidad E, y el diámetro $d$ del roblón; más considerando la expresión ($\gamma$), en que hemos convertido la de ($\delta$), y teniendo en cuenta, que conforme es práctica, se dejan entre los bordes de los roblones de dos filas sucesivas, (esto es, la separación de las dos paralelas, tangentes á los bordes de los roblones de las dos filas vecinas), la separación de un diámetro, de ello se inferirá, que haciendo esta hipótesis en la fórmula ($\gamma$), nos dará

$$E < 2\left[\left(\frac{2}{1}\right)^2 - \frac{1}{4}\right],$$

ó bien $E < 2 \times 3'75$; y también $E < 7'5$, así es que resulta que la fórmula ($\gamma$), quedará satisfecha, mientras que se cumpla la condición de $E < 7'5$; límite que por otra parte no se

(1) Substituyendo en ($\varphi$), por B, su valor en función de D, y E$d$, se tiene

$$\frac{\sqrt{D^2+\frac{Ed^2}{4}}}{d} >= \frac{E+1}{2};\ \text{de donde elevando al cuadrado, será}$$

$$\frac{D^2+\frac{Ed^2}{4}}{d^2} > \frac{(E+1)^2}{4};$$

de ahí se infiere $\frac{D^2}{d^2}+\frac{E^2}{4} > \frac{(E+1)^2}{4}$; y también

$$\frac{D^2}{d^2} > \frac{E^2+2E+1}{4} - \frac{E^2}{4};$$

y finalmente

$$\frac{D}{d} > \sqrt{\frac{E^2}{2}+\frac{1}{4}}.$$



alcanza nunca en las juntas de uso corriente cosidas por dos filas de roblones El valor, pues, de *un diámetro* entre los cuerpos ó bordes de los roblones, ó lo que es lo mismo, de dos diámetros en su intereje, es suficiente para los casos más frecuentes que aparecen en la práctica.

En los cosidos en donde el número de los roblones varía de una línea á la contigua, suele ser costumbre, distanciar las dos filas, de una distancia *mínimum*, de un diámetro y medio; contada dicha separación, entre los bordes, pues así se ha comprobado practicamente que la distancia que media entre un roblón de una fila y los más próximos de la otra, es bastante para garantir la entereza de la plancha. Sin embargo, puédese fácilmente comprobar, que esta separación de 2 diámetros y medio, entre las líneas de eje de las filas, es suficiente para que no tengan lugar desgarros en *zig-zag*.

Así, por ejemplo, (fig. 367) supongamos que en la fila 2.ª se suprime un roblón, para cada dos de la fila 1.ª en cuyo concepto se habrá de verificar la condición de

$$2\sqrt{l^2+D^2} - 2d > 2l - d,$$

de la cual se infiere

$$\frac{D}{d} > \sqrt{E+\frac{1}{4}}\ (1)$$

y de esta también

$$E < \left(\frac{D}{d}\right)^2 - \frac{1}{4},$$

según nos muestra esta expresión, deducimos que la distancia $D = 2'5 \cdot d$, cumplirá mediante que se tenga $E < 6$.

(1) $2\sqrt{l^2+D^2} - 2d > 2l - d$, dividiendo por 2, y pasando $-2d$, al otro miembro, resulta $\sqrt{l^2+D^2} > \frac{2l+d}{2}$; elevando al cuadrado sale

$$l^2 + D^2 > \left(\frac{2l+d}{2}\right)^2 = \frac{4l^2+4ld+d^2}{4}.$$

$D^2 > \frac{4l^2+4ld+d^2-4l^2}{4}$, reduciendo y dividiendo por $d^2$; y teniendo en cuenta que, $l = Ed$, tendremos $\frac{D^2}{d^2} > \frac{l}{d} + \frac{1}{4} = E + \frac{1}{4}$

y por último $\frac{D}{d} > \sqrt{E+\frac{1}{4}}$.

Si son dos los roblones que se supriman de la 2.ª fila (figura 374) para cada dos de ellos de la 1.ª quedando subsistentes todos los de dicha 1.ª, entonces la condición será $2\sqrt{l^2+D^2} + (l-3d) > 3l - d$ de donde $\frac{D}{d} > \sqrt{2E+1}$ (1) y también

$$E < \frac{1}{2}\left[\left(\frac{D}{d}\right)^2 - 1\right]$$, en este concepto la distancia $D = 2'5d$,

basta mientras que se satisfaga á la condición de $E < 2'62$, y desde este límite hasta $E = 4$, será preciso tomar $D = 3d$. Dichas cifras ponen en evidencia, que en los cosidos y costuras en donde entran 3 filas de roblones, por las cuales la separación relativa á la línea media queda siempre inferior á 4, bastará dejar entre los bordes de los agujeros de las filas vecinas, una distancia $D - d = 2$, diámetros.

Finalmente, en las costuras, en donde el ancho de la hoja, va progresivamente decreciendo para cada línea de roblones, aproximándose á la orilla de la hoja, tal como muestra la figura 368, conviene, al objeto de regularizar, y tener una ley para la disposición, por la que se rijan aquéllos; partir de un mínimum de $2\frac{1}{2}$ diámetros entre las líneas del centro. Comprobar en seguida, conforme ya anteriormente se acaba de indicar, que la rotura no tenga lugar á lo largo de la línea quebrada, pasando por los centros de cabeza de los roblones próximos. A este efecto se harán las siguientes consideraciones:

1.° Al pasar de la fila en donde los roblones se hallan más próximos á la fila siguiente, será preciso satisfacer á la condición de $AA' > A'C + d$ mediante su cumplimiento, la hoja no sufrirá desgarro según la dirección de A'AB, antes que aquel tenga lugar según la A'B'; además de ello, precisa asegurarse que dicha rotura tampoco puede producirse según la línea quebrada A'IA.

2.° Al pasar de una línea á la siguiente, habremos de verificar la condición de $A'A'' > A''C' + \frac{d}{2}$; y con ella sabremos que la hoja no sufrirá desgarro según el camino A''A'B, antes que lo sufra según A''B''.

(1) Cuya expresión se deducirá análogamente á las otras anteriores.



Todas estas comprobaciones conviene hacerlas sobre un pequeño croquis, sorteando los datos de tal modo hasta que queden satisfechas todas las exigencias necesarias.

Resumiendo todo lo que sobre el particular se ha inferido, puede sentarse como regla general, y tratándose de las juntas más corrientes en la práctica, se establece que las distancias que han de existir entre la línea de centro de los roblones, sean las del siguiente estado:

| | | |
|---|---|---|
| 1.° Cuando los roblones están dispuestos al tresbolillo. . . . . . . . | $2$ | diámetros. |
| 2.° » » » » en el sistema rectangular. . . . | $2\frac{1}{2}$ | » |
| 3.° » » » » y hay refuerzo de cubrejuntas. . . | 3 | » |
| 4.° » se consideren entre sí, á la vez 3 filas de roblones. . . . . | 3 | » |

*Sistema convergente.*—Semejante disposición de roblones ha dado muy buenos resultados prácticos, y es apropósito en el caso especial de que existan muchas líneas de roblones, sin que éstos, por otra parte, sean de dimensiones las mayores.

Consiste en que el número de roblones decrezca en cada fila, en progresión aritmética, á partir de la fila central. Así es que los números de roblones en las filas sucesivas, serán entre sí expresadas en las siguientes relaciones:

1 : 2 : 1
1 : 2 : 3 : 2 : 1
1 : 2 : 3 : 4 : 3 : 2 : 1
1 : 2 : 3 : 2 : 1
1 : 2 : 1

Se aplica no mas cuando el empalme se verifica con *cubrejuntas* y dicha disposición se reproduce en el sentido de la longitud de las piezas que van á empalmarse, cuando así lo exige la parte de piezas que cogen los cubrejuntas. Las figuras 369, 370, 371 representan tres ejemplos de disposición convergente, la 1.ª á dos filas, la 2.ª á tres filas y la 3.ª á cuatro filas.

Por oposición del sistema *convergente*, es que se llama *paralelo*, al que antes conocimos por rectangular, esto es, aquel que uniendo todos los centros de los roblones, la serie de líneas de eje que resultan, forman una verdadera cuadrícula.

249. **Empalmes empleando pernos.**—Cuando las pie-

zas de hierro que hay que empalmar, dejan de ser de gruesos reducidos, y al contrario, aparecen muy gruesas por exigirlo así las condiciones de la construcción, y convenga además, que pueda el enlace armarse y desarmarse fácilmente, entonces es cuando se acude á los pernos, piezas mucho más robustas que los roblones, y de las cuales hemos ya hecho referencia en el párrafo 221 y ahora hacemos algunas indicaciones sobre su resistencia.

Un perno puede estar sometido ya á un esfuerzo de tracción, y que por lo tanto tiende á arrancarlo de su aloje, entonces la fuerza que obra, lo hace en el mismo sentido de la longitud del perno, ó bien, la fuerza que actúa sobre él, puede ser perpendicular á la dirección del vástago del perno, obrando así, el esfuerzo al desgarro, conforme hemos visto con los roblones; este caso es el más general, y lo tenemos expresado en los ejemplos de las figuras 375 y 376.

Fijándonos, pues, en primer lugar, considerando la fuerza de tracción que actúa sobre el perno, y dando por sentado conocemos la fuerza F antedicha, puédese fácilmente averiguar el diámetro ó sección del perno, partiendo del supuesto, que la resistencia permanente por milímetro cuadrado, sea de 3 kilos (dato debido á la experiencia).

En este supuesto, y llamando $d$ al diámetro del perno, tendremos $\frac{\pi d^2}{4} \times 3$ kilos $= F$ y por lo tanto $d = 0{,}66\sqrt{F}$, siendo este valor expresado en milímetros.

En cuanto se trate del segundo esfuerzo al desgarro, este tiene lugar en iguales condiciones que en los roblones, y aqui como allí, partiendo siempre que se trata de hierro de buena calidad, siempre podremos admitir como corriente, un coeficiente de resistencia como 5 á 6 kilos por mllímetro cuadrado de sección, valor también que la experiencia ha comprobado ser, el que corresponde en el momento de la cortadura por desgarro,

En la figura 375 dos hierros A y B están empalmados por el perno C y en ellos actúa cada una por su lado dos fuerzas F y F′ iguales, las cuales tienden á *guillotinar* el perno á través de la sección de rotura *a b*, lo cual, efectivamente, tendría lugar de no tener las dimensiones que corresponden á dicho perno; se podrán calcular pues éstas, haciendo uso de la fórmula anterior y así llegaremos en conocimiento del diámetro



$$F = \frac{\pi d^2}{4} \times 5 \text{ kilos} \quad \text{ó bien} \quad d = 0'505\sqrt{F},$$

y aun queriendo generalizar más esta expresión, al tener en cuenta la distinta naturaleza de los hierros empleados en la formación de los pernos, en los cuales cada uno tendrá su correspondiente coeficientes de resistencia que podremos apellidar K, sea cual fuere, tendremos

$$d = k\sqrt{F} \text{ (1).}$$

En el caso de que sean tres las piezas que han de constituir empalme, esto es, dos de ellas A y B enlazadas con una intermedia C obrando en las dos primeras un esfuerzo F y en la otra, otra fuerza F′ igual que la F, pero en sentido contrario, entonces para asegurar el empalme conviene asegurarse de la resistencia del perno, y calcular por lo tanto su grueso, esto es, su diámetro.

Para esto consideremos que el perno de que se trata, para que ceda al llegar á separarse la pieza G de las otras dos, será preciso que se desgarre ó guillotine en las secciones *ab*, *cd*. Según ésto, llamando $d$ al diámetro en cuestión, y $R = 5$ kilos por milímetro cuadrado de coeficiénte de resistencia, tendremos $2\frac{\pi d^2}{4} \times 5$ kilos $= F$; $d = 0356\sqrt{F}$.

Regularmente se adopta en las construcciones para la parte fileteada del perno, el tornillo de filete triangular, en cuyo caso el perfil ó sección meridiana, generalmente adoptada; es la figura de un triángulo equilátero, cuyos vértices se les considera algún tanto achaflanados, ó, si se quiere, redondeados, como muestra el perfil de detalle que se dibuja la figura 377, adoptando también para las otras partes del cuerpo del tornillo dimensiones tales, cuyas relaciones son entre sí las que muestran los dibujos en croquis que aparecen en las figuras 377, 377′, 377″ y 378.

En cuanto á las dimensiones de la tuerca, se infiere ya, desde luego, que su altura ha de depender forzosamente del número de filetes que en ella se hayan de alojar; de todas las

(1) Valores que pueden tomarse para K según fuera la clase del hierro.

| | | |
|---|---|---|
| Hierro común. | . . . . . . | $K = 0'7$ |
| » superior. | . . . . . . | » $= 0'6$ |
| Acero batido. | . . . . . . | » $= 0'5$ |
| » cementado.. | . . . . | » $= 0'45$ |
| » fundido y templado. | . | » $= 0'4$ |

dimensiones generalmente adoptadas, son las siguientes, llamando $a$ altura y $d$ diámetro:

Para tuercas de poca altura. . . . $a = \frac{d}{2}$

» » ordinarias. . . . . $a = d$

» » altas. . . . . . . $a = 1'25\,d$.

En cuanto á la superficie de contacto de la cabeza del perno, está regularmente limitada dentro la circunferencia inscrita al exágono ó cuadrado, según los cuales, se proyecta la tuerca, mientras que en lo interior se halla este límite proyectado en la línea del orificio en el que ha de alojar el perno.

Estas dimensiones pueden ser las siguientes, como las más frecuentes:

| CLASE | Diámetro del círculo circunscrito en función del diámetro del vástago | Diámetro del círculo inscrito en función del diámetro del vástago | Lado del exágono ó del cuadrado |
|---|---|---|---|
| Pernos con cabeza exágona.. | 2'388. d.. . | 2'068. d.. . | 1'194. d. |
| Id. id cuadrada.. | 2'926. d.. . | 2'068. d.. . | 2'068. d. |

Son de gran uso los pernos en el enlace de las piezas de detalle, que entran y forman parte de los cuchillos de armadura de alguna importancia, por su gran luz y dimensiones; así ocurre muy frecuentemente, tener que empalmar dos trechos A, A' de tirante horizontal (fig. 379), precisamente en el punto medio del cuchillo, en donde concurren también su tornapunta y pendolón. Entonces, para que la reunión de tanta pieza en un mismo punto, no dificulte el debido enlace, debilitando dichas piezas al bifurcarse, se apela al artificio de disponer dos placas gemelas B, B', B'', entre las cuales aprisionan los extremos de aquéllas, haciendo que los trechos de tirante A, A' no lleguen hasta dicho punto, centro del concurso, pues así no hay que combinarlas interceptándose con el sucitado pendolón y tornapuntas, A este fin, se disponen en los extremos de A' y A, unos ensanches planos de contorno elíptico aproximado, permitiendo ahora estos ensanches, la fijación de los pernos C C', D D', los cuales, atravesando las placas gemelas, y apretándolas con sus cabezas, fijan sólidamente á ellas los trechos de empalme A y A'.

250. **Empalme de planchas de fundición.**—Las planchas de fundición se prestan para su empalme, á emplear



pernos, para sujetarlas; á este efecto, cuando el uso y disposición de dichas planchas lo permitan, se acodan algún tanto en sus extremos, que es en donde ha de tener lugar el contacto, y así lo saliente de los brazos del acodamiento, ofrecen sitio á propósito, para fijar en ellos los pernos, que harán prieto el sistema; así por ejemplo las figuras 380', 380'' representan dos planchas verticales A-A', B-B', dobladas algún tanto en ángulo recto en las ramas C-C', D-D', y en estas últimas ya en contacto, establecidos una serie de pernos que las atraviesan, y quedan con ello completamente enlazadas; es de advertir, que para aumentar el contacto y haya más garantía de enlace, se introduce en el asiento de las dos planchas, una suerte de corte *m*, especie de ranura y lengüeta, que contribuye á afianzar más el asiento de la plancha superior sobre la inferior.

Las figuras 380, 380''' representan otra solución del enlace de las dos planchas A-A'', B-B''; la índole del empleo de las mismas, supone permitir doble acodamiento E'-E'', y así la superficie de asiento, además de ser más extensa, ella permite dos filas de pernos, una anterior la otra posterior. Hay pues, más solidez y fijeza en el empalme. También se ha introducido una ranura y una lengüeta.

En la fig. 381, L.ª 14, se modifica algún tanto el asiento ó contacto, ahuecando un poco el asiento, por la sencilla razón, de que algunas veces acontece, que semejantes superficies no se yuxtaponen bien, ya por defecto de las superficies planas que no son bien contínuas, ó bien también por un ligero combeo ó alabeo, adquirido en el momento de producir la fundición, y en este caso, aparecerían si así las dejáramos para el enlace, algún intersticio ó rendija en la línea de junta; mientras que, efectuando la operación indicada anteriormente, esto es, ahuecando algún tanto, el centro ó medio del contacto, dá lugar ello á que los pernos obrando con más eficacia, concentren todo su esfuerzo, á las partes que han quedado en contacto en los bordes de los acodamientos, y por lo tanto, quedan éstos bien ajustados y las juntas bien prietas y firmes.

También, cuando acontezca que las superficies de junta, no reunan las condiciones requeridas para un verdadero ajuste, se puede subsanar semejante dificultad, empleando, é interponiéndolas entre los planos del contacto, unas hojas ó rodelas, de plomo, zinc ó cobre, y así se logra repartir mejor

la compresión ó contacto de toda la cara superior contra toda la inferior.

Las figs. 381, 381′ y 381″ explican el empalme de dos placas de fundición en el sentido horizontal, llevado con el mismo sistema de los anteriores, adoptando en él, el doble acodamiento, mientras que en las figs. 382, 382′ y 382″, es el acodamiento sencillo. Para cada uno de estos ejemplos hay tres figuras para la mejor comprensión de las mismas, esto es una proyección vertical, otra horizontal, y otra en corte.

251. **Pernos defendidos.**—Son aquellos que se encuentran en disposiciones tales de ensamblaje, que las mismas piezas que se enlazan están unidas de tal modo, que evitan en parte, que los esfuerzos que actúan en el ensamblaje, perjudiquen al perno, sobre todo los esfuerzos transversales, que son los que resultan más desfavorables para el perno, pues que se desarrolla en ellos la acción del desgarro.

La fig. 383, L.ª 13, es un ejemplo de esta clase, dos piezas de fundición A y B, se encajan la A en la B. Los resaltos protegen á los pernos contra todo esfuerzo de tracción ó de presión, que pueda ejercerse, en sentido normal á su dirección.

El propio resultado se consigue con la disposición de la fig. 384, el prisma C está embebido en el D, los lados de la caja ponen á cubierto al perno, de todo esfuerzo transversal.

También la fig. 385 nos ofrece otra solución para conseguir el mismo fin; aquí la base principal del enlace, es la rondela de forma circular E, encajada en las entalladuras establecidas en las dos piezas F, G. Una vez puesta, en junta esta rondela, es una pieza de hierro, al objeto de que su situación corresponda lo más exactamente posible, á las entalladuras superior é inferior, para con respecto al agujero establecido en una y otra pieza, se prepara ante todo el taladro, estando las piezas macizas, y luego efectuando este agujero cilíndrico, en donde se ha de alojar el perno, se procede á efectuar los retallos en las dos piezas. Las dos últimas disposiciones son en cierto modo análogas á las empleadas en las ruedas hidráulicas, para el enlace de los brazos con la llanta. Para ello, basta tan sólo suponer que la pieza inferior viene substituída , por una pieza plana, de suficiente extensión, cuya cara superior, llevara unos salientes, en los que encajaran los extremos de los brazos.



252. *a*) **Empalmes en los tubos de cañerías.**—Los tubos para cañerías por donde se ha de conducir agua, regularmente son de fundición; y en ellos desempeñan los pernos una misión muy importante para efectuar el empalme, en las distintas secciones de que se compone la cañería; y en efecto, uno de tantos medios de unión, es el que muestra la fig. 391, al empalmar los tubos A y B; cada uno de ellos lleva en sus extremos una platina *c-c′* en forma de ánulo ó corona, verificándose en un plano el contacto de las dos platinas adyacentes, después de haberse verificado el enchufe de A′ con B′ (véase el corte fig. 391) con el auxilio del resalto *m*, que lleva consigo el tubo A′, por medio del cual, se une con el B′, verificada que sea ya dicha unión preparatoria, se hace ella permanente consolidándose con el auxilio de una serie de pernos *p*, que atraviesan las platinas y están dispuestos alrededor de la corona, siendo su número variable, según sea la longitud de la periferia de la corona, guardando, sin embargo la dimensión del vástago del perno y la separación de perno á perno, la relación que se ha mentado en su lugar correspondiente. Las figs. 391′ muestran los detalles del perno parte principal del medio de unión.

*b*) Es también muy frecuente para conducciones de agua, el empleo del enchufe de la fig. 386, L.ª 14 (vista por el exterior y en corte), uno de los tubos recibe un ensanche, en la embocadura, dando motivo con ello de producir un pequeño resalto en su interior. Precisamente en este resalto, es en donde se apoya (dado que la cañería esté vertical), el otro tubo A, después de haber efectuado el ingreso en dicho B, B′; ahora, entre los dos tubos, media en dicho interior (véase el corte), un pequeño espacio anular, en el cual se introduce por medio de un cincel, una cierta cantidad de estopa (proporcional al hueco anular), la cual se le va arrollando cual si fuese cuerda, alrededor de las paredes de dichos tubos en el límite del hueco referido; hecho esto, se cuela en él, plomo derretido, hasta la cantidad suficiente, para que quede bien repleto semejante hueco, atacando en seguida los bordes de esta colada, con el cincel antes referido.

Para efectuar esta colada, se rodea de barro la embocadura del hueco, cerrándolo y practicando un agujero, en esta capa ó cubierta, por el cual se vierte el plomo derretido.

*c*) También los tubos pueden empalmarse á simple enchufe, como el que indica la fig. 387, en donde se representa

el dibujo de un tubo, terminado en un extremo A, por un refuerzo, cuya embocadura, sirve de hembra, mientras que por el otro extremo B, lleva un collarino que refuerza, el macho, al ponerse en junta, con la hembra del tubo adyacente. Dos bridas una en C, y otra en D, atravesadas por agujeros, permiten alojar en éstos, los pernos pasadores, que aseguren la unión del empalme; los pernos de C, atravesarán también la brida del macho, adjunto al extremo A; al paso que los pernos de D, interesarán á la brida de la hembra del tubo adjunto al extremo B.

*d*) Mas como quiera que, en muchas ocasiones, precisa practicar la unión empalme de dos tubos cortados, como muestra la fig 388, entonces se echa mano, de un manguito A, terminado en sus extremos, por dos ranuras anulares, á propósito para sujetar á las dos bridas B y C, la una situada en un trozo de tubo, y la otra, en el trozo adyacente, ya en esta disposición los pernos pasadores P y P′, se encargan de hacer solidario el sistema.

e) *Empalme de tubos á junta de precisión.* — Aquí el ajuste se verifica más herméticamente si cabe que en los casos anteriores, y se vale como material intermediario, de rondelas de *caoutchouc*. Véase al efecto la fig. 389; el tubo hembra A, lleva en su extremo una brida C, formando parte del cuerpo de dicho tubo; el tubo macho B, lleva consigo una contrabrida D, pero ésta, está á guisa de collar movible que puede resbalar á lo largo de dicho tubo B. Una vez enchufados A y B, permiten, según su construcción interior; un pequeño hueco E, en el cual se dispone la rondela de goma.

Con semejantes datos, el modo de empalmar los tubos, es el siguiente. Las orejas de los tubos, se colocan horizontalmente para poder apretar los pernos, con libertad á cada lado de la zanja (si es que vaya subterráneos; en seguida se hace entrar la contrabrida D, por el extremo del macho B; luego se coloca la rondela E, de modo que descanse bien puesta en el canal anular practicado en el extremo B; hecho esto, se hace entrar en seguida, como enchufando, el extremo del macho B, dentro el extremo de la hembra A, hasta que la rondela de goma, se aloje perfectamente en la ranura anular que lleva dicho tubo hembra; se comprime en seguida dicha rondela de goma, haciendo adelantar, resbalando, la contrabrida D, y finalmente, se colocan los pernos P y P′, trabajando su rosca, hasta la completa compresión de la rondela de goma.



| Diámetro anterior m. | Longitud m. |
|---|---|
| 0'040 | 1'25 |
| 0'050 | 1'25 |
| 0'060 | 1'25 á 1'50 |
| 0'070 | 1'25 » 1'50 |
| 0'080 | 1'50 » 2 |
| 0'100 | 2 n |
| 0'110 | 2 » |
| 0'125 | 2 » |
| 0'135 | 2 » |
| 0'150 | 2 » |
| 0'175 | 2 » |
| 0'200 | 2 » |
| 0'225 | 2 » |
| 0'250 | 2 » |
| 0'275 | 2'50 » |
| 0 300 | 2'50 » |
| 0'325 | 2'50 » |
| 0'350 | 2'20 » |
| 0'400 | 2'50 » |
| 0'450 | 2'50 » |
| 0'500 | |

Ahora se comprende, por otra parte, que según sea la longitud de los tubos, que hemos descrito, así también será su diámetro. A continuación, consignamos y como á término medio las relaciones que generalmente guardan dichas longitudes con los diámetros.

Si todos los tubos fuesen, del sistema de enchufe de la fig. 386 las reparaciones urgentes serían dificultosas, pues habría que remover mucho material para realizar en parte el desempalme; para obviar pues este inconveniente es que se situan de trecho en trecho, tubos de dobles bridas entre uno de enchufe y brida y otro de brida y cordón; ya hemos visto en los demás, semejantes disposiciones, y como son susceptibles, de estar sujetas dichas bridas por pernos fáciles de quitar, ó cortar si se quiere, caso de tener que levantar las cañerías.

Y aunque entre las bridas, se acostumbra; según también se ha indicado, á poner para hacer la junta impermeable, arandela de goma volcanizada, sin embargo, otras veces, se coloca á este mismo efecto, aunque quizá no sea tan eficaz, una lámina de plomo.

Los tubos de diferentes diámetros, se enlazan por medio de manguitos.

*f*) *Tubos sistema Chameroy.*—Estos tubos son de acero, asfaltados y salen de fábrica, probados á una presión que varía en 15 y 25 atmósferas. Tienen la ventaja sobre los de fundición, de no ser porosos; de no permitir escapes en las junturas, y por lo tanto la importante economía que ello representa. Son de más duración que los de los otros sistemas, apenas se deposita en ellos, sedimentos de carbonatos ferrosos ó incrustaciones; su colocación es más fácil y económica; su mayor resistencia á las presiones continuas, y finalmente, su coste es relativamente menos que los otros sistemas. Además, la superioridad de estos tubos, viene también confirma-

da, por su prolongada conservación, pues se ha visto que al ser levantadas varias tuberías, cuyo trazado ha debido variarse después de treinta años, de continuados servicios, han podido nuevamente ser colocados, sin necesidad de reparación alguna. Su diámetro interior fluctúa desde 0m'03 á 1m, y su longitud alcanza á 4m, exceptuando los de 0m'03 y 0m'04, de diámetro interior que tienen una longitud de 3m.

La junta es de precisión, pues cada tubo, además de estar cubierto por dentro y fuera de un enlucido bituminoso, lleva en uno de sus extremos y por el interior una tuerca con metal duro, y en el otro extremo (fig. 390) lleva una rosca de tornillo, de modo que se atornillan unos con otros (1).

---

(1) A parte de los tubos de fundición y acero, que hemos reseñado, con el sólo objeto de conocer sus empalmes, se emplean también los tubos metálicos; palastro galvanizado, el plomo, y el zinc.

Los de palastro, están labrados en rosca para efectuar las uniones, son muy ligeros, y tienen la gran ventaja de dar más garantías de seguridad, para evitar las explosiones y escapes. Se les suele cubrir con un buen baño de plomo, para evitar la corrosión, á que son bastante propensos. Su empleo está indicado para cuando se ha de acudir á grandes diámetros.

Para tubos de pequeño diámetro, suele emplearse el zinc, éstos son más pesados que los anteriores, pero á pesar de eso se les maneja más fácilmente Se unen ó empalman, á enchufe y soldadura de plomero, que se vierte fundida en la unión: no dan la seguridad de los de palastro, si bien tienen sobre éstos la ventaja de que como no están unidos al hierro, no se produce la acción eléctrica que en aquéllos, causa de su destrucción.

Los tubos más generalizados son los de plomo, sobre todo para cañerías de pequeño diámetro; y tienen la gran ventaja de fabricarse de grandes longitudes, lo cual pudiéndose una pieza colocarse, á distancia muy larga, eso hace se economicen los trabajos de enlace y empalmes siendo estos en número muy reducido, comparación hecha con los demás sistemas; son inalterables al aire, y se prestan por su especial maleabilidad, á adquirir las formas y curvaturas que se crean más á propósito. Cuando con ellas hay que empalmar ó hacer uniones, se recurre á la soldadura de plomeros, que se vierte fundida en la junta; mas también pueden unirse por medio de *manguitos* ó pequeños tubos, cuyo diámetro interior es el exterior de la cañería, fortificándose esta unión, si al estirar los tubos con la hilera, se les hace girar para producir una rosca que se ajusta en otra del manguito, aumentando aun la fuerza con el empleo del soldador, con la soldadura de plomeros, en las juntas del manguito con los tubos.

Cuando hay acometimientos de unas cañerías con otras, y éstas son de plomo ó zinc, se perforan éstas con un taladro (éste se lubrifica con aceite para facilitar la operación y al mismo tiempo para enfriar-



253. **Empalmes de rails.**—Las barras de los carriles, que alcanzan una longitud poco más ó menos de seis metros. se empalman colocándolas á continuación unas de otras, siendo cortadas en sus extremos por su sección recta, aunque distantes estas dos bases adyacentes de unos 3 á 5 milímetros (fig. 392) para dejar espacio á la dilatación. En esta disposición, se colocan hacia ambos lados del enlace ó junta, unas bandas de hierro, llamadas *eclisas* (palabra francesa) E, E', proyectada verticalmente según el rectángulo *a b c d*, y en proyección horizontal, por los rectángulos subrayados *e, e'*, cuales piezas, sujetan entre ellas, como á cepos, las dos barras A, A' de los dos *rails*, que hay que empalmar, y á este efecto se logra la sujeción, con el auxilio de los pernos; aquí cuatro: *p, p', p'', p'''*, los cuales bien enroscados y como pasadores, comprimen fuertemente todas estas piezas, unificándolas, hasta el punto de formar una sola pieza. En la figura 393 se muestra la sección transversal de este enlace, apareciendo en ella la forma con que vienen afectas las *eclisas, e, e'*.

Los carriles americanos, ó *Vignol*, que son, los que representa la figura adjunta, tienen por coginetes, unas planchas de hierro B, sobrepuestas á las traviesas T, dichas planchas terminan superiormente en una ligera concavidad, dentro la cual se aloja la base del rail, sobreponiendo luego una contraplaca C, que concluye de aprisionar al rail, echando mano de los fuertes pasadores ó pernos F, F', cuales atravesando toda la traviesa, placa y contraplaca, presionan á esta última, con la cabeza fuertemente atornillada, y de ahí la fijeza é inamovilidad de los rails empalmados.

---

le). Una vez abierto el agujero de las dimensiones de la cañería que se va á empalmar, se presenta ésta en aquél, y poniendo alrededor de la unión un rodete de estopa, se vierte la soldadura en la capa formada, apretándola con un botador.

Dado que la tubería fuese de palastro, después de recortar el agujero y el tubo de la cañería que se va á empalmar, de modo que se ajuste bien á aquél, se vierte la soldadura del propio modo, como se ha indicado poco há: este enlace da mejores resultados, sirviéndose de un manguito á propósito para el empalme, en el que se ajustan á rosca, dos tubos de la misma cañería y el de la de empalme.

Si es una tubería de plomo la que hay que ajustar á la de palastro el procedimiento es idéntico al mentado anteriormente en los otros casos referidos, y en ellas se sujetan los carriles por las clavetas G.

Entre las traviesas que corresponden á las juntas, ó sea extremos de los rails, se colocan otras traviesas intermedias (fig. 395, L.ª 15 )

En el caso de estar entregadas, las traviesas, sobre largueros L, entonces otros pernos tales como I, se encargan de enlazar la traviesa y el larguero, (fig. 394, L.ª 14).

Si bien las vías de caminos de hierro se asientan, según vemos sobre traviesas de madera, sin embargo otras veces, se fija desde luego y en contacto del *balasto* (1), uniendo las barras de distancia á distancia con pasadores de hierro.

En la L.ª 15, consta el dibujo de conjunto, comprendido en la longitud de dos uniones de empalme X, Z, (fig. 395) expresando al mismo tiempo las traviesas intermedias .Por regla general, el número de las que corresponden á las uniones de los carriles, están con las trasversales intermedias á la razón de 1 á 3, aunque siempre se sujetarán las últimas á la condicion de aumentar el número, á medida que lo exijan la longitud y resistencia de las barras-carriles de los distintos detalles. Las (figs. 396 y 397), dan las dimensiones así como el enlace de los rails de traviesas extremas y el de las intermedias.

254. **Cojinetes.**—Pueden utilizarse los cojinetes, para efectuar también el empalme de las barras-carriles. Es pues el cojinete, un soporte de fundición que sirve para recibir y sujetar un carril, y se coloca entre éste y la traviesa ó apoyo, tiene dos orejas con agujeros, para sujetarlas á las traviesas. Los cojinetes son de tantas especies como clases hay de carriles, así es que hay cojinetes para carriles de *simple seta* (fig. 398), otros para los que tienen la forma de *doble seta*, como los de las figs. 399 y 400 los cuales presentan hueca la parte media, para dar lugar al alojamiento de la barra así como á la cuña de madera que la sujeta; dicho se está que el fondo de esta caja debe fundirse de modo, que afecte una forma conveniente para que en ella se adapte y descanse perfectamente, la cabeza inferior, la cual, igual á la superior, que á su vez está hecha á propósito para que en ella se adapte la curvatura de las ruedas.

(1) *Balasto.*—Es el material ó capa de arena ó piedra machacada ó menuda destinada á dar elasticidad á la vía, si el subsuelo es de roca ó de fábrica, y una base sólida que no se convierta en barro, ó lodo si es terroso. Su objeto es mantener la vía lo más seca posible. Cuando es de arena, conviene que ésta no sea, ni muy fina ni arcillosa. Toda substancia permeable conviene á este objeto. El espesor es en general 0m'40, su ancho depende del que tenga la vía; pero siempre ha de cubrir la cabeza de las traviesas.

*Traviesas.*—Son en general piezas de madera que sirven de apoyo á los carriles, y se colocan al través de la vía y normales á su dirección.

La duración de las traviesas depende de muchas circunstancias, pues además de influir la naturaleza del terreno, la situación que ocupan, así como la clase de madera. Para preservarlas pues de la putrefacción se suele prepararlas con el sulfato de cobre (sistema Bonchine); véase nuestro tratado de la *Madera y su estereotomia.*

El Pino y el Roble, son las maderas, que generalmente se emplean para la construcción de traviesas.



Para sujetarlos á las traviesas tiene cada uno dos orejas, más ó menos largas, con un agujero cada una, en dirección diagonal, de modo que los pernos de ajuste, no corten las mismas fibras de la traviesa, debilitando la madera, y exponiéndola á hendirse.

Hay también un sistema mixto de *cojinetes* y *eclisas* conforme muestra la fig. 401.

Los cojinetes deben ser de fundición, de grano que no parezca muy grueso y poco unido, ni muy fino y demasiado compacto; han de estar igualmente exentos de grietas, escotaduras y otros defectos semejantes. Aunque son preferibles los que provienen de 2.ª fundición, en virtud de la dificultad de obtener desde luego una marcha regular en los altos hornos, se usan indistintamente de 2.ª y 1.ª fundición.

Los cojinetes se dividen en cojinetes de junta y cojinetes intermedios entre junta y junta, los primeros se concibe que han de tener mayor longitud que los segundos, pues al substituir aquí á las *eclisas*, vienen obligados á coger en más extensión á las dos barras para así asegurar su empalme.

255. **Empalme con pegadura.**—En este caso los hierros que se empalman, son los sencillos y de usos ordinarios en los talleres del herrero y cerrajero; esto es simples barras de hierro, aprovechándose con esta operación de la propiedad que tiene el hierro de soldarse consigo mismo, cuando llega á la temperatura del rojo-blanco, y para ello basta recordar lo que detalladamente, se expuso en el párrafo n.° 205, al explicar con detención, todas las operaciones que se refieren á semejante enlace.

256. **Empalmes especiales para columnas.**—Se refieren estos enlaces á los que son necesarios para empalmar

una columna con otra, cuando éstas forman parte de distintos pisos; entre las varias disposiciones que podrían mostrarse, una de ellas es la de las figs. 411 vistas en alzado y en corte; así vemos que la columna A, lleva consigo, una caja de fundición, la cual permite descanse en ella una viga maestra B, la cual á su vez está destinada á sostener las carreras C; además dicha caja, está terminada superiormente, por un plano terminado á su vez en corona circular D, la cual apoya directamente, á otra corona igual con que termina inferiormente, el zócalo de la columna superior; ambas coronas van además sujetas por medio de pernos, según muestra la figura. Es de advertir, que por lo regular, para garantir mejor, la fijeza de la columna superior E; se hace de modo que quede parte de su base, embebida en el piso.

Otra solución presentan las figs. 412 y 412′ y aquí las columnas son de sección en cruz, demostrando en su corte, como, enlaza el capitel con el entablamiento por medio de los resaltos *a* establecidos en la parte superior de dicho capitel, y como por medio de otros resaltos *b*, queda embebido el pie de la columna superior, en lo interno de dicho entablemento, á la par que sujetada con la columna inferior, por el hierro vertical *c* de retensión, cuyo, se interna en parte en las dichas columnas.

Con análoga disposición es que se fija el fuste de dicha columna inferior, con el pedestal de su base, siendo aquí *d* su pieza de retensión, mas como aquí el pedestal es hueco, se hace uso de un travesaño *e*, cual va á fijarse en dos, de las caras laterales de dicho pedestal.

Varios son también los medios, de que puede valerse para la retensión ó ensamble de los zócalos de columna, sobre el plan terreno, así en la fig. 413 el zócalo termina inferiormente en un resalto *a*, que encaja directamente en una suerte de espiga saliente que forma parte de una placa de fundición *b*, que descansa sobre un dado de ladrillo *c*, fijando dicha placa con este dado un grueso perno empotrado á la masa de la fábrica de ladrillo.

En la fig. 413′ las paredes del zócalo de la columna terminan en escuadra *m*, los brazos de ésta descansan ahora en todo su plano, sobre un dado de piedra, y en ella se fijan por medio de los pernos *n*.

Y finalmente en la fig. 415, en el interior de la columna se dispone un cilindro *q*, de poca altura, cuya base perfectamente rectificada, descansa sobre la placa de fundición *p*, fijándola un fuerte perno *r*, el cual se interna, en el macizo de descanso que hace las veces de cimiento. Entre las caras internas de la columna y el cilindro mencionado queda un cierto hueco, el cual se maciza, con una buena colada de plomo, introducido por el orificio *t*, que al efecto se dispone de antemano, en una parte del zócalo.



Las figs. 414 y 414′, muestran también, un empalme de platillo y pernos, para columnas bastando su solo dibujo para hacerse cargo de semejante enlace.





# CAPÍTULO OCTAVO

## Refuerzos. Acopladuras. Cepos

257. **Preliminares.**—Las acopladuras y refuerzos, en las piezas metálicas, se prestan á las mismas consideraciones generales, que se hicieron, al hablar de las maderas, en la *Madera* y su *Estereotomía*, aunque sin embargo, se comprende desde luego, como en virtud de la gran resistencia que ofrece el hierro comparado con la de la madera, no necesitará de mucho á recurrir á tanta variedad y complicación de procedimientos y artificios de uniones como exigía el material leñoso, pero en cambio tendrá, sí, sus medios especiales de enlace que le son característicos y dependientes de la naturaleza y modo de ser que le distingue, y por el cual, con piezas accesorias de detalle de formas nuevas y con grueso relativamente exiguo, se logra obtener piezas compuestas, que adquieren grandes dimensiones á la par que potente resistencia, tanto á la flexión, como á la presión como también á la torsión.

Sin desechar pues, para ciertos y determinados casos el refuerzo por acopladura, como veremos también, tienen además los sistemas de corte de hierro, recursos bastantes, para composición de piezas que por sí solas, tengan la suficiente resistencia para conllevar los grandes esfuerzos á que se las sujeta.

Generalmente, se echa mano de los enlaces por acopladura, refuerzo, ó cepos, para cuando se trata de las grandes vigas, ó jácenas, que han de salvar grandes distancias, ya sean para simples techos, puentes... etc., y la combinación que resulta de los distintos procedimientos á que puede recurrirse es tan variada, que se haría interminable su reseña;



sin embargo todos ellos están basados, en las siguientes disposiciones, que serán bastantes para que puedan servir de tipo y base para cualquiera solución que la fuerza de los datos y circunstancias exija.

a) *Simple acopladura por canto.*—La ofrece, al juntar dos hierros lateralmente, de modo que estén en contacto, por sus caras laterales, manteniendo solidaria la unión, una serie de pernos. Igual procedimiento se sigue cuando los dos hierros son de sección de doble T (lám. 17, figs. 417 y 417'), únicamente que aquí hay la particularidad, de que los contactos laterales de las piezas A-A', A-A'', tienen lugar tan sólo, por los cantos de sus alas ó platillos; siendo como antes los pernos pasadores B, los que las unifican, de modo á formar una sola pieza. Es á propósito esta acopladura, cuando se ha de construir un muro ó pared de un grueso mayor que el ancho de uno de los platillos de las vigas.

*b*) Puede muchas veces, ser de poca extensión la superficie de asiento, de los dos platillos reunidos, tal como se han considerado en la fig. 417', y de tal modo, que la exceda el grueso del muro que ha de cargar sobre aquellas vigas; en este caso, pueden separarse algún tanto las dos piezas, hasta que alcance la dimensión del grueso de la pared que ha de sostener: mas para unificar ahora las piezas A y B, se las sobrepone, arriba y debajo (fig. 419), las planchas horizontales C y C', cuyas abarcan la total anchura que media entre los lados exteriores de las alas, fijándolas de trecho en trecho con el auxilio de pernos; semejante disposición, y en el concepto, que las planchas C y C', tengan los gruesos necesarios, calculados para la carga que han de sufrir, ofrece un sistema sencillísimo, económico, y de buenos resultados prácticos; viene este sistema á formar en su principio, el que más adelante se habría de conocer, por sistema de vigas tubulares, en virtud de la caja ó recinto encerrado, entre las dos vigas y las dos planchas.

*c*) Otra solución del anterior caso, ofrece la fig. 420, pero aquí las dos vigas, están, cercadas ó aprisionadas de trecho en trecho, por una serie de bridas *mnpq*, y al objeto de que estos cercos obren, presionando bien á las dos piezas A y B, introdúcense en el interespacio que dejan estos últimos, dos hierros prismáticos, colocados en forma de cruz de San Andrés, y entrados en junta con las piezas A, B, á fuerza de golpes de mazo, colocándolos, en el mismo plano vertical de

sección recta que contiene cada brida. Este medio, aunque bueno para tenerse en cuenta en algunas circunstancias, no es de mucho tan expedito como el inmediato anteriormente descrito de la fig. 419.

d) *Vigas sistema Kaulech.*—Véanse los figs. 418 y 418′, la primera vista lateralmente y la segunda según la sección transversal, cuya permite examinar su disposición; y así vemos que la pieza total, está compuesta, de dos hierros de simple T; tales como A y B, uno superior directo, el otro inferior é invertido, de manera que sus alas queden paralelas y sus ejes, estén en un mismo plano vertical, y así las alas del primero, quedan hacia la parte superior y las del segundo hacia la parte inferior. En semejante disposición y separados de la distancia igual, á la altura que quiere darse á la pieza total, se les ensambla lateralmente, por ambos lados, dos placas de palastro C, C′, cuales se subdividen en distintos trechos, apareciendo en la fig. 418, en C″, C‴... etc., y todas ellas comprendidas entre los platillos de los hierros de T, y fijadas en el alma de los mismos por medio de roblones. Estas placas ya colocadas, dejan entre sí espacios huecos tales como D, D′, cuales aligeran de hierro á la viga compuesta, haciéndola más económica, todo en virtud de lo demostrado en la resistencia de las vigas de que habla la mecánica aplicada á las construcciones, de que á medida que las dimensiones de las vigas crecen, se puede disminuir la materia de la parte vertical de dicha viga.

*e*) Las vigas Kaulech, se acoplan también para cuando, se tenga precisión, de una jácena ó viga maestra muy potente y de considerable luz; entonces (figs. 421 y 421′), siendo E′-E, E″-E, las dos vigas con la separación que se crea más conveniente, su enlace tiene lugar con el auxilio de las placas horizontales A y B, las cuales se fijan por medio de pernos á los platillos respectivos de los hierros de T. Aquí como en el caso anterior, cada pieza E′, E″, lleva las placas de palastro, laterales, de modo que entre ellas, dejen espacios huecos, terminando así las mismas placas, por el límite *dcba*, *qpnm*.

*f*) Algunos constructores, se limitan, para obtener una simple viga de bastante resistencia, en reforzar por medio de una placa ó sobre platillo, á los platillos superiores é inferiores de la doble T, tal como aparece el dibujo, en cualquiera de las dos vigas A ó B, de que hemos hecho mención en la



figura 419, y luego como allí, sujetando estas contraplacas, á las alas ó brazos de la doble T, por medio de roblones.

Este procedimiento, es sumamente fácil y expedito en la ejecución, á la par que económico, pues siempre, hoy día en el comercio, se encuentran, piezas de hierro de doble T, de muy variadas dimensiones; pero para que semejante disposición pueda emplearse, exige que la doble T, sea de anchas alas, cuales permitan con toda holgura la fijación de los roblones, y que una vez éstos colocados, quede el hierro bastante entero en sus extremos.

Cabe este sencillo procedimiento, para cuando sea tan sólo necesario reforzar una pieza tal como la doble T, y así no recurrir á piezas compuestas de palastro, formando también una doble T, cuyo último procedimiento de que hablaremos muy en breve, sería en particulares circunstancias poco económico. Abundando en semejantes consideraciones, es, como puede también obtenerse, una pieza compuesta de dos hierros de doble T, superpuestos, A y B, en los platillos *ab* (figura 422), para cuando se desee una pieza, de bastante altura, por exigirlo así las circunstancias de resistencia, mas en todo caso se emplean los pernos ó roblones para la fijación del sistema, tanto en los platillos de la pieza total, como para el enlace de los platillos extremos con las placas de refuerzo C, C′, tal como hemos indicado en el caso anterior. Sin embargo referente á este último caso, es preferible recurrir á las piezas compuestas de hojas de palastro con escuadras, de las que vamos á dar algunos ejemplos.

*g*) La viga de palastro, en su composición más sencilla, está formada (lám. 7.ª, fig. 180), de una plancha de palastro, vertical, terminada y adherida, superior é inferiormente por dos hierros de ángulo ó en escuadra, sujetados á dicha alma por medio de roblones, supliendo así las deficiencias de las vigas de doble T, que se proporcionan en el comercio ordinario, cuando ellas no son bastantes para satisfacer con sus dimensiones á las condiciones que exige la resistencia con que hay que contar.

Siguiendo á la forma anterior, y queriendo dar más resistencia á semejante disposición, puede aumentarse algún tanto la altura de la viga, así como el grueso del alma, reforzando las alas, superiores é inferiores de la doble T, superponiendo á los platillos, planchas de hierro, las cuales sujetas con roblones, lo propio que se hace con las ramas verticales de las

escuadras cuando se sujetan con el roblonado al alma de la viga, y así en esta disposición, nos ofrece un conjunto formando una sola pieza muy sólida, y es el verdadero tipo de una viga completa, de palastro; véase la fig. 423, lám. 17, en donde se dibuja la estructura de la pieza, en su sección recta en A, siendo el alma de la viga que puede tener unos 10 milímetros de grueso por 500 de altura, así como unos 12 milímetros el grueso del contraplatillo, por un ancho de 250 milímetros.

El alzado lateral que se muestra en A', indica claramente la vista de la viga puesta en obra, así como la disposición y serie de roblones á que se recurre para el enlace de las distintas piezas de detalle.

Puédese aumentar aun la resistencia de esa clase de piezas, como en las figs. 424 y 425, superponiendo en lugar de una, dos ó tres gruesos de placa contra los platillos, recurriendo siempre como es natural á los pernos ó roblones para la debida sujeción.

h) *Vigas tubulares.*—Siendo muchas veces preciso aumentar la resistencia de una viga, partiendo de una altura fija, y dada por las circunstancias, las cuales no es dable variar, entonces además de aumentar, el número, el espesor y el vuelo de los contraplatillos ó placas superiores é inferiores, se colocan dos almas A'', A''' (fig. 426), en lugar de una, y ellas en su mayor número, impiden el que se doblen las placas antedichas B'', B''', viniendo luego como siempre los roblones, á consolidar el enlace de todas estas piezas; así se forma con esta disposición, una especie de caja ó tubo en el cuerpo de la pieza, razón por la cual, se las ha llamado vigas tubulares. Puede servir de alzado lateral de semejante disposición, la misma figura que ha servido, para representación análoga de la figura 423.

Tres pueden ser también las almas, que vayan á formar la viga compuesta, como en la fig. 427, continuando de este modo á aumentar la resistencia, entonces, dos son los encajonados que se forman con las almas A, B, C, siendo la del centro, una verdadera viga usual de alma y cuatro escuadras de ángulo.

Cuando se emplean vigas de esta naturaleza, ellas vienen á colocarse en la categoría de las jácenas ó vigas maestras, esto es aquellas que por su estructura y mayor resistencia, vienen destinadas á sostener, otras de menores dimensiones y



de uso corriente para los techos, entonces para no colocar estas últimas encima de las primeras, y no ocupar el total demasiada altura (pues ya de sí son bastante altas las maestras); lo que se hace es, ensamblarlas á la maestra, de modo que enrasen por su parte superior, ó cuando menos, no quede gran diferencia de nivel entre ellas; para enlazar pues dos piezas de ese grueso, esto es, que tengan distinta altura, se recurre á los hierros obligados de ángulo, escuadras y roblones ó pernos, si se trata de gruesos considerables. Así lo muestra la fig. 428. Aquí dos vigas, sencillas, de palastro y de doble T, tales como se representan, en A y B, están ensambladas con la viga C, tubular; los hierros planchas en escuadra D, D', convenientemente roblonados son los destinados á mantener la unión, al paso que las escuadras inferiores E, E', convenientemente roblonadas, un brazo en el alma de la viga C, y el otro brazo en el ala inferior de las vigas A y B, fortifican más la unión y al mismo tiempo auxilian el trabajo de los roblones D y D', que sin este requisito, sufrirían una carga demasiado considerable.

i) *Vigas armadas; de enrejado ó celosía* (1).—Ya he-

---

(1) Esta clase de piezas, llamadas también con el nombre de *vigas armadas*, por componerse la viga total, de varias partes, que cada una de ellas tiende á fortificarla ó á *armarla*, obedece cual sucede análogamente con los cuchillos de armadura, al principio de *invariabilidad de forma* del conjunto de la pieza total ó compuesta, cual como bien se infiere, es indispensable á la estabilidad y solidez de la obra de que forma parte.

Dando por admitido que cada una de las partes componentes, no sufra alteraciones, en la materia de que está compuesta, por haberla escogido y calculado convenientemente en sus dimensiones, para que su resistencia esté garantida, y no sufra ningún menoscabo en su forma, sólo quedará, atender á los medios más adecuados, para que esta invariabilidad de forma, resida en el conjunto del compuesto, esto es, que una vez enlazadas entre sí las piezas componentes, éstas no, varíen de lugar para con respecto á sus adyacentes, y esto se logra, si se llega á satisfacer la condición que los ángulos que forman entre sí, permanezcan fijos, invariables; cualesquiera que sean los esfuerzos que obren sobre la pieza total de que se trata. Pues bien, partiendo de este supuesto, y teniendo en cuenta, que de las varias figuras geométricas ó polígonos que se conocen, sólo se cuenta el triángulo, cuya forma sea por lo mismo invariable, toda vez que ninguno de sus ángulos, permite experimentar aumento ó disminución, sin que su lado opuesto sufra alteración correspondiente en su longitud, de aquí es, que se recurra al polígono triangular, para el tejido ó red de la armazón, cuya, sirva de refuerzo á la pieza que se trate de construir. Este principio muy ge-

mos visto en la fig. 421 como por motivo de aligerar material hacia el centro de la pieza, se dejaba ésta en parte perforada

---

neralizado, viene ya practicándose con las piezas de madera, desde fecha muy antigua.

Por otra parte, todo cuadrilátero puede dividirse en dos triángulos por medio de sus diagonales, y claro está, que si éstas están bien fijas y tendidas, y obran sobre de ellas esfuerzos de compresión, ó esfuerzos de tracción, aquellos triángulos y por lo tanto el cuadrilátero que los contiene, será invariable en forma y posición, mientras, no se acorten ó se alarguen las dichas diagonales, en virtud de los dos esfuerzos de que antes hemos hablado. Dense pues á estas diagonales las dimensiones que les corresponden, en virtud de las fuerzas que sobre ellas obren, asegúrese luego bien, de los enlaces de las piezas, en sus encuentros sucesivos, y entonces con el auxilio de la figura triangular, con la cual se armará la pieza, ésta quedará completamente asegurada en permanencia de forma y posición.

Mas por otra parte, conviene ahora que nos hagamos cargo, del modo como cada una de las piezas de detalle, trabaja en sus distintos esfuerzos que la solicitan, para que así, sepamos á que atenernos en la verdadera disposición, en que las colocamos, así como sus dimensiones y naturaleza del material sea conforme con dicha clase de trabajo y por lo tanto resistencia que han de oponer. En este concepto, dos son en general, la disposición de las cargas que ha de soportar la pieza entera: 1.° Un peso 2P, concentrado en el punto medio: 2.° Un peso 2P, uniformemente repartido en toda la longitud de la pieza entera.

Considerando el primer caso, y suponiendo para mejor fijar las ideas que se tiene un sistema simplificado, compuesto de dos piezas ABCD, A'B'C'D', horizontales (fig. 6, lám. 18) cuales se suponen por el momento articuladas entre sí, en los puntos A, B, C... A', B', C'... y prescindiendo interinamente de la rigidez de los enlaces correspondientes. Por otra parte, en estos mismos puntos también hay articuladas las varillas inclinadas AA', A'B, BB'... etc , todas de una misma longitud y haciendo el mismo ángulo $\alpha$ con la vertical que por cada uno de ellos pasa.

Si en este estado, admitimos la hipótesis de que la pieza así armada descansa horizontalmente, sobre los apoyos que existen en los extremos A y G, una vez que esté cargada en su mitad por el peso total 2P, tendremos que éste actuará en su mitad P, sobre cada uno de dichos apoyos ó extremos, y en este concepto, el esfuerzo de reacción, igual y contrario á P, que obra de abajo á arriba, en el apoyo A, descompuesto por el paralelógramo de las fuerzas, dará origen á una componente que actuará sobre la varilla AA' comprimiéndola, y luego otra componente en el sentido de BA, que obrará en tensión. El esfuerzo de compresión vendrá así expresado por $\frac{P}{\cos\alpha}$, y el de tracción por P tang $\alpha$.

El primero, cuyo obra desde A á A', y que podemos ya, suponer



ó hueca, cual disposición, puede llevarse, también á cabo con el sistema de vigas llamadas de celosía. Estas se pueden cons-

---

trasmitido y actuando en A', vendrá á ser neutralizado, por un esfuerzo de tensión dirigido según $A'a'$, será igual por consiguiente á $\frac{P}{\cos\alpha}$, y por un esfuerzo de compresión dirigido según $A'a_1$, ambos componentes de la resultante A'A" igual y contraria á la que obraba según AA'.

Si luego imaginamos transportado en B el esfuerzo de tensión $\frac{P}{\cos\alpha}$, que se estaba ejerciendo en A', bajo la dirección $A'a'$, será fácil también inferir, como en su descomposición dará lugar:

1.° A un esfuerzo de tensión 2P · tang $\alpha$, obrando en B', y de B hacia A, el cual acumulándose al P tang $\alpha$, que ya de antemano se estaba ejerciendo en A, y en la misma dirección para que se produzca en B, una tensión total de 3P tang $\alpha$.

2.° A un esfuerzo de compresión $\frac{P}{\cos\alpha}$, en la dirección BB', y de B, hacia B'.

Continuando semejante razonamiento, daremos por supuesto, que este último esfuerzo se trasmite actuando ahora en B' y hacia B'C y aquí descomponiéndose, dá lugar á una componente en el sentido de B'C que se dirige de C hacia B' obrando por tracción y de valor $\frac{P}{\cos\alpha}$, mientras que la otra componente se dirige en el sentido de B'C', obrando en compresión con una intensidad igual á 2P tang $\alpha$, el cual acumulándose al esfuerzo 2P tang $\alpha$, que proviene del que actuaba, desde A' hacia B', producirá en C' una compresión igual 4P · tang $\alpha$.

Continuando, según esto los mismos razonamientos, para los trechos siguientes de la viga hasta alcanzar el eje vertical que la divide en dos mitades, podremos concluir: (A partir del centro, se reproducirán en orden inverso y simétrico los mismos esfuerzos, hasta alcanzar el otro extremo).

1.° Que las diagonales paralelas AA', BB', CC'... etc , obran por compresión, siendo todas ellas sometidas á igual esfuerzo igual á $\frac{P}{\cos\alpha}$.

2.° Que todas las diagonales A'B, B'C, C'D... etc., obran por tracción de intensidad igual á $\frac{P}{\cos\alpha}$, la misma para cada una de ellas.

3.° Que la pieza inferior, si se la considera, en sus distintos trechos, que forma cada uno de ellos la base de los triángulos isósceles, que van acusando las diagonales, resulta que estos trechos, están sometidos á esfuerzos variables de tracción, creciendo, desde el extremo A de la viga, hacia al centro en donde tiene lugar la máxima intensidad de trabajo, puesto que los valores sucesivos de dichas tensiones son en A, P tang $\alpha$; en B, 3P tang $\alpha$, en C, 5P · tang $\alpha$... etc.

truir combinando los hierros que entran á formarlas de muy distintas maneras, y nosotros nos concretaremos á la simple

---

4.° Que la pieza superior, si también se la considera en sus distintos trechos, que unen cada uno de ellos, los vértices contiguos de los triángulos, están sometidos á esfuerzos de compresión, cuyos van aumentando según una ley determinada desde el extremo A hasta el punto medio de la longitud de la viga, en cuyo sitio obra la compresión mayor; siendo dicha ley la que expresan los siguientes resultados en A′, 2P tang $\alpha$, en B′, 4P tang $\alpha$, en C′, 6P tang $\alpha$... etc.

Y para generalizar, dichos dos últimos extremos, llamaremos $2n$ el número par de partes, con las cuales se ha dividido la longitud 2L de la viga, y $b$ la altura total de la viga, ó la de los triángulos AA′B, BB′C... etcétera, entonces la tracción de la pieza inferior en su punto medio D tendrá por expresión $(2n+1)$ P · tang $\alpha$ (1); al paso que la compresión de la pieza superior, también en su punto medio. será $n \times 2$P tang $\alpha$ (2).

Mas si bien se observa que cada una de las bases AB, BC... de los triángulos es igual á $\frac{2L}{2n}$, se inferirá de ello que

$$\tang a = \frac{1}{2}\,\frac{AB}{b} = \frac{1}{2}\,\frac{L}{nb},$$

y por lo tanto substituyendo en (1) y (2), tendremos la tensión máxima de la pieza inferior en la expresión

$$\frac{2n+1}{2n} \times \frac{PL}{b} = \left(1+\frac{1}{2n}\right)\frac{PL}{b} \quad (3)$$

mientras que la compresión máxima, será

$$2n\,P \times \frac{1}{2n}\,\frac{L}{b} = \frac{PL}{b} \quad (4).$$

Ahora bien comparando las expresiones (3) y (4), vemos que ellas, tendrán más tendencia á ser iguales, á medida que $2n$, ó sea el número de triángulos aumente.

Si en lugar de considerar, como hemos hecho, en la fig. $\beta$ la serie de triángulos AA′B, BBC′... etc , dándonos simples diagonales, introducimos ahora otras diagonales, cortándose y simétricamente colocadas con respecto á las primeras, tendremos con ello otra disposición en la figura $\gamma$ en la cual todos los vértices de los segundos triángulos, corresponderán á los puntos medios de las bases de los primeros, así como viceversa. Las piezas horizontales, superior é inferior, vienen reunidas en sus extremos por los hierros verticales como el AA′, convenientemente ensamblados y lo suficiente rígidos para poder transmitir la reacción que ejerza el apoyo. En este concepto, si analizamos semejante disposición, tal como hemos hecho anteriormente, se inferirá:

1.° Que la tensión máxima de la pieza inferior, así como la compresión máxima de la pieza superior, seguirán la misma ley que en el primer ejemplo.

2.° Que por virtud del montante AA′$_1$, la reacción de los apoyos,



exposición de cuatro ejemplos; cuales serán bastantes, para dar una norma, del modo como se han de llevar las operaciones, para otro cualquier caso.

---

quedará aquí dividida en dos partes iguales $\frac{P}{2}$, cada una obrando en los extremos A A′$_1$ de las piezas inferior y superior, y con eso deduciremos que las diagonales AA′, A$_1$B′$_1$, BB′, B$_1$C$_1$... etc , estarán sometidas á un mismo esfuerzo de compresión, igual á $\frac{P}{2\cos\alpha}$, al paso que las otras diagonales A$_1$A′$_1$; BA′, B$_1$B′$_1$, CB′.., etc., estarán sometidas á un mismo esfuerzo de tracción, también igual á $\frac{P}{2\cos\alpha}$; de donde se infiere, que todas estas diagonales, correspondientes á estos dos grupos, pueden tener aquí en este caso, una sección transversal mitad del que tenían en la fig. $\beta$, dando por supuesto que continúe la misma carga 2P, que hemos supuesto en el primer caso.

Si ahora para aumentar más la rigidez del sistema, intercalamos entre cada dos diagonales, los montantes $m$, $m'$, $m''$.., etc., no será difícil deducir que de estas piezas, trabajarán por compresión la parte superior XZ (fig. $\delta$, lám. 18), y las diagonales $q$, $q'$, $q''$.. , mientras que los esfuerzos de tracción solicitaran á la pieza inferior YU, las diagonales $r$, $r'$, $r''$... etc , y las péndolas ó montantes $m$, $m'$, $m''$... etc.

Consideremos ahora el segundo caso, esto es, que el peso se halle uniformemente repartido, en toda la longitud de la viga, adoptando la disposición de la fig. $\varsigma$ la cual es muy común, y conocida bajo el nombre de sistema americano; y al objeto de seguir mejor las consideraciones, asimilaremos esta figura á la siguiente expresada con la letra $\varphi$, la cual está en análogas condiciones que aquélla. Sobre los respectivos montantes obra el mismo peso $p$, repartición uniforme del peso total P; así veremos fácilmente, que la péndola A′, con la carga $p$, transmitirá la mitad de esta carga ó sea $\frac{p}{2}$, á la diagonal A, la cual obrando directamente sobre la péndola B′, hará que ésta transmita el esfuerzo de tracción $p+\frac{p}{2}$, á la diagonal B cual sale comprimida; ésta luego obra sobre la péndola C′, la cual experimenta con ello una tensión $2p+\frac{p}{2}$, la cual se transmite comprimiendo á la diagonal C.

De suponer ahora dobles las diagonales, encerrando cada rectángulo una cruz de San Andrés, quedará todo reducido, á que en este caso cada grueso ó sección recta del hierro diagonal sea la mitad del que tenían en la fig. $\varsigma$

De todos modos, se infiere que en este caso, las diagonales, no están sometidas á una misma intensidad de esfuerzo, antes al contrario, aumentan éstos desde la mitad de la luz de la viga (en donde aquél es mínimum) hasta el extremo de la misma ó puntos de apoyo (en donde aquél es máximum) y por la inversa, los esfuerzos de compresión y ten-

El alma de estas vigas se forma por una serie de hierros entrecruzados, en forma de cruz de San Andrés; así (fig. 429-429′), cuya unión es garantir á mantener incólume la altura de la viga, ó la separación entre una pieza superior y otra inferior, ambas á dos horizontales. Cada una de estas dos piezas, se compone á su vez, de dos hierros A′-A, A″-A, en escuadra la superior, y de los otros dos del mismo género B-B′ B-B″, la inferior.

Ahora cada dos de estos hierros, aprisionan como cepos, y unas en pos de otras, á una serie de planchas de hierro C-C′ y D-D′, que dos á dos se cruzan en diagonales inclinadas á 45°, formando verdaderas cruces de San Andrés, cuales se

---

sión, que solicitan respectivamente las piezas horizontales superior é inferior, van progresivamente aumentando desde los apoyos hasta el eje mitad de la viga.

De ello se infiere, que en la construcción de esta clase de vigas armadas, convendrá, que se dé más grueso ó consistencia á las celosías ó diagonales que se hallen más próximas á los puntos de apoyo, mientras que por el contrario, se reforzarán más las piezas horizontales ó encepaduras cuanto más se aproximen al eje vertical que pasa por la punta media de la viga.

Resta solamente pasar ahora del sistema abstracto, de simple línea, conforme hemos razonado en las figs. δ, ς, φ, al que constituye real y efectivamente la pieza del espacio, con sus gruesos y verdaderas dimensiones; y para eso no hay más que suponer que las varillas horizontales, que hemos convenido fueran articuladas en sus distintos trechos, son verdaderamente ahora fibras medias de las vigas ABCD..., AB′C′D′... etc; pues atención hecha á sus relativas pequeñas dimensiones de sus secciones transversales, comparación hecha á la longitud de la viga, vendrá ésta afecta á una gran flexibilidad, por la cual permitirá asimilar teóricamente la pieza total, como á un compuesto de varios trechos, que constituyen cuerpos formados de una serie de elementos, enlazados entre sí por articulaciones.

Por otra parte, se puede dar por supuesto, que la diagonal inclinada AA′, se la substituye por otra serie de diagonales paralelas, igualmente todas equidistantes y alojadas dentro de los trechos análogos entre AA′ y BB′; é igual suposición también se efectúa para con respecto á las diagonales que llevan la 2.ª dirección.

Claro es que si AB, representa una fracción suficientemente pequeña de la distancia total de los apoyos, semejantes cambios, no habrán alterado en mucho, las presiones y tensiones de las partes horizontales; así como tampoco, á las varillas inclinadas, las cuales divididas por agrupaciones ó trechos comprendidos entre dos montantes, trabajarán cada agrupación del propio modo que lo hacían las dos varillas paralelas, á las cuales se ha intercalado todas las del correspondiente grupo.



mantienen en dicha posición por una serie de pernos *e*-*e*′, situados en los cruces y otra serie de pernos, superiores é inferiores, en los brazos verticales de los cepos-escuadras.

*j*) Se dá más rigidez si cabe, á las cruces de San Andrés, haciéndolas alternar con hierros montantes A, verticales (simples hierros planos) (fig. 430); las cruces vienen así, formando simples diagonales de rectángulos, en donde aquéllas estriban por sus extremos, en los vértices superiores é inferiores de dichos montantes; además se unifican más; cada par de cepos en escuadra, reforzándolos superior é inferiormente con el platillo, plancha ó cordón expresado en D, D′, y así se logra, con el auxilio de los roblones indicados en la figura, un conjunto, perfectamente sólido y estable, dando con ellos viga muy potente; sin embargo aun cabe si el caso conviene, proporcionar mayor refuerzo, observando la figura siguiente.

*k*) En esta disposición (fig. 431), cual es la misma general de la fig. 430, aunque introduciendo, los hierros horizontales B y B′, los cuales vienen encepados por las escuadras pareadas A, y de tal modo, colocados para con respecto á los enlaces con las diagonales D y C, que dejan éstas alternativamente, hacia delante ó detrás de las propias piezas B, en cuya disposición, rige en general el procedimiento de colocar ensambladas hacia adelante ó frente, las diagonales de una misma dirección como por ejemplo las C, y hacia la parte posterior, las de la segunda dirección D. Así pues aquí, las diagonales, montantes y hierro de refuerzo B, superior é inferior, todo viene encepado, con las piezas horizontales en escuadra, y á la vez unificado como en el caso anterior con los platillos corridos F. Un fuerte perno, puede enlazar el cruce de las piezas inclinadas, mientras que los roblones convenientemente repartidos, se encargarán de consolidar los demás enlaces.

Esta solución es tanto más digna de tenerse en cuenta, en cuanto se procede en ella de un modo puramente racional, toda vez que el verdadero refuerzo lo necesitan precisamente las piezas que más trabajan, y que constituyen por así decirlo la esencia de la viga; estas piezas son, como es sabido por consideraciones ó teorías mecánicas, las horizontales superiores é inferiores que constituyen pareadas los cepos escuadras A-A, cuales unificadas dos á dos vienen á formar cada dos cepos una sola pieza, trabajando de tal modo, al cargarlas con un peso cualquiera, uniformemente repartido sobre la viga total; que la pieza superior tiende á comprimirse, mien-

tras que la inferior tiende á alargarse. En cuanto á las piezas intermedias, tienen no más por misión especial el mantener equidistante, las dos precedentes piezas horizontales; aunque como es consiguiente, sí, transmiten los esfuerzos de compresión y de tracción ó extensión, resultante de la acción de la carga.

Vemos pues, que semejante disposición, resulta no solamente aceptable, sino que también en cierto modo ventajosa, al compararla con las vigas macizas ó llenas. En efecto, en este nuestro caso, todas las fibras de las piezas horizontales F, A y B (superiores é inferiores), están solicitadas en su trabajo, casi por una acción igual, esto es, sometidas igualmente á una misma fatiga, las unas á la compresión, las otras á la extensión, y en tal caso, experimentan contracciones, ó alargamientos iguales, desarrollando por lo tanto iguales resistencias, y por ende resulta el trabajo más equitativo y uniforme, y sale mejor librada en estos esfuerzos la totalidad de la materia. Recordemos ahora las vigas llenas, de uso ordinario, y allí vemos que estos alargamientos y contracciones que las fibras experimentan, resultan ser allí proporcionales, á la distancia á que se hallan de la fibra invariable, lo propio que la resistencia que de ello es consecüencia; esta resistencia no resulta pues uniforme y hace que en una viga llena trabajen desigualmente las fibras, siendo por lo tanto las que más trabajan, las superiores é inferiores, cuales experimentan, también más variaciones ó transformaciones. En cambio, la materia que constituye las piezas horizontales, superiores é inferiores de las vigas armadas, aparece empleada con más uniformidad, ó más por igual, por lo que se infiere, que á resistencia igual, han de salir más ventajosas, por razón de economía las vigas del sistema armado.

Sin embargo, de semejantes ventajas, no dejan de tener también algunos inconvenientes, esta clase de vigas, cual es su natural flexibilidad, contra la cual, no aumenta la resistencia contra dicho esfuerzo, en proporción de la altura de la pieza (como así acontece al tratar de las vigas llenas), todo en virtud de lo ya manifestado, cuando hemos hecho constar, que los tornapuntas diagonales que constituyen las cruces de San Andrés, no contribuyen á dar mas solidez á la pieza, pues que sólo quedan limitadas, á asegurar la separación de la pieza superior á la inferior, y á la transmisión de los esfuerzos de compresión y tracción que se desarrollan.



Las figs. 432 y 432′ representan el alzado y sección, de otro ejemplar de viga de celosía, en la cual entran todos los hierros en forma de T, siendo con ello más rígidos los hierros diagonales C y D, procedimiento generalmente adoptado en la construcción de puentes, en donde son frecuentes los movimientos vibratorios.



# CAPÍTULO NOVENO

## ENTRAMADOS HORIZONTALES

458. **Preliminares.**—Los entramados horizontales, vienen generalmente á constituir los techos, pisos, ó suelos de las distintas habitaciones ó altos de un edificio.

Su composición está basada en la formación de una red, compuesta de una serie de piezas de hierro, en barra, que por lo regular se encuentran en ángulo recto, facilitando así, y convenientemente separadas, un lecho sobre el cual, puede colocarse la urdimbre ó forjado, hasta alcanzar el nivel, en donde descanse en definitiva el pavimento, embaldosado, ó entarimado. Claro es, ahora inferir, que de esas series de barras, unas aparecerán más reforzadas que otras, así como obedecerán á variedad de formas, dependiendo sus distintas secciones transversales, de las funciones á que están llamadas á desempeñar.

No nos ocuparemos aquí, de las consideraciones generales que pueden hacerse sobre los pisos y su debido tecnicismo, ello se ha visto durante el curso al tratar de la estereotomia de la madera, por lo que tendríamos que repetir lo allí consignado, sólo si recordaremos por lo que á los pisos de hierro atañe, que son preferibles á los de madera, pues garantizan mejor la conservación, en las posibilidades de incendio, es por ello más asequible la colocación de conductos de chimenea en los sitios en que casi es forzosa según la distribución elegida, que exista muy próxima una pieza de suelo; no hay por otra parte el riesgo de la podredumbre y carcoma en las cabezas entregadas de las vigas de madera, observa-



ción hecha de paso sin embargo, por la cual precisa evitar que las piezas de hierro no estén en contacto del aire, evitando con ello la oxidación, cubriendo al efecto su superficie con cemento, ó un buen baño de color al óleo, así se evita la herrumbre ú orín, que al fin y al cabo alterarían el material hasta destruirle.

El grueso del piso de hierro, préstase á ser más reducido al de otro análogo construido de madera, con él se logra pues; ganar altura, siendo esta condición de gran monta, habida cuenta al número de pisos, y lo restringido que algunas veces aparece lo legislado en las ordenanzas municipales de una población, al fijar inalterable la altura total; con ello pues puede darse más holgura á las habitaciones.

Finalmente la colocación de los pisos de hierro, es sumamente fácil y rápida, y si bien es cierto, lo son también los construídos de madera, sin embargo, cuando estos últimos han de salvar tramos extraordinarios, entonces su colocación se presenta más complicada por el gran número de ensambladuras que requieren, y la complicación que en sí llevan las vigas llamadas *armadas*, constituídas con material leñoso, aparte de que no dan tantas garantias de solidez como las formadas por el metálico, á menos que no se aumenten las alturas de la pieza de madera, y de tal modo que pugne con la economía, comodidad y buen aspecto.

Varios son los sistemas empleados en la disposición de las piezas de hierro, en los pisos de este nombre y señalaremos los más principales, por lo que relación tenga á los enlaces de sus distintas piezas, cuyos detalles son los únicos que nos incumben.

259 **Sistema Vaux.**—Mr. Vaux, cerrajero en la ciudad de París, fué sin duda alguna, el primero que puso la mano en el terreno de la práctica, en la construcción de los pisos formados con vigas ó piezas de hierro, cuyo acontecimiento (pues así es digno de ser llamado semejante acto, por la importancia que reviste en los anales de la construcción), tuvo lugar allá por el año de 1846, pues si bien es verdad con mas anterioridad, Mr. Schoichardi, había construído pisos, con piezas de hierro, estas eran simples planchas colocadas de plano resultando una suerte de procedimiento, que no podía elevarse á sistema, toda vez que tal modo de hacer no era franco ni espontáneo, pues no se ostentaba el material, del modo como exige su índole y propiedades, cuando lo acusa

en barras, sustituyéndolo de este modo á las vigas de madera.

El sistema pues de Mr. Vaux consiste (lám. 19, fig. 440) Planta, (figs. 441 y 441') sección longitudinal y transversal. (figs. 442 y 442) detalles. (Fig. 443) Perspectiva general que aclara mas la disposición del conjunto del piso), en una serie de viguetas *a*, de sección rectangular, cuyas tienen unos 9 milímetros de grueso y de 10 á 20 centímetros de altura, según sea la luz del tramo que hay que salvar. Por lo regular estas viguetas están separadas una de otra de la distancia de 75 centímetros, considerada dicha distancia de eje á eje y descansan todas ellas por su canto ó grueso en el espesor del muro.

Al objeto de comunicarles una gran solidez; á cada una de ellas se la fabrica de modo que se encuentre ligeramente arqueada, y de modo, que la sagita de su mitad, sea á razón de un centímetro por cada metro lineal, que con que asiente dicha pieza; además en sus extremos, se las termina en dos ramas alabeadas en distinto sentido, imitando como cola de carpe, formada del desgaje del mismo hierro, obligado á tomar esta forma en caliente.

Colocadas ya las viguetas *a*, en su debido asiento, se fijan inamovibles entre sí, á la vez que enlazadas por las riostras *b*, formadas por hierros acodados afectando la figura de doble *z*, (n.° 231), los cuales descansan por sus cabezas en forma de gancho y como arpón, sobre el grueso superior ó lomo de las vigas *a*, así estas permanecen en la constante separación en que han de encontrarse. La distancia á que se colocan unas de otras las riostras *b*, es también de 0·75$^{m}$; en sección recta es un cuadrado de 16 milímetros de lado, y una vez colocadas, su altura es tal, que les falta un centímetro para alcanzar el ras de la parte inferior de la viga *a*.

Inmediatamente sobre las riostras *b*, se asientan las contrariostras *c* en dirección paralela á las vigas *a*, estas contrariostras son cuadradillos de hierro de 11 milímetros de lado y entran en número de dos en el espacio comprendido entre viga y viga, dividiendo en su disposición, á dicho espacio en tres partes iguales: estos cuadradillos terminan en sus extremos por dos ramas bifurcadas en forma de cola de pescado, y tienen por objeto, el que se puedan así fijar con más seguridad, empotrando dichas puntas de cola en el mismo muro.

Cuando existan varios pisos contiguos á un mismo nivel,



y se quiera unificarlos, entonces Mr. Vaux, hace que las vigas de uno y otro tramo vengan enlazadas, ya empalmándolas, ya cabalgándolas lateralmente unas con otras, echando mano siempre del recurso de pernos y pasadores de enlace.

Ya se ha indicado que el grueso de las vigas es de 9 milímetros, este es invariable, pero no así la altura, la cual aumenta á medida, que lo hace la luz del tramo; según el autor de dicho sistema, esta altura ha de ser la 37 ava parte de dicha luz: así por ejemplo si la luz es de 4$^{m}$ la sección recta será 0'108 × 0'009, si la luz es de 5$^{m}$, la sección recta será de 0'133 × 0'009, para la de 6$^{m}$, le corresponderá 0'162 × 0'009, y si es de 7$^{m}$ de luz la sección recta de la viga será 0'190 × 0'009.

El peso total del hierro por metro cuadrado de superficie de techo resulta ser de

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | kilos | 65 | cuando | la luz | es de | 4$^{m}$ |
| 18 | " | 80 | " | " | | 5$^{m}$ |
| 21 | " | 25 | " | " | | 6$^{m}$ |
| 22 | " | 45 | " | " | | 7$^{m}$ |

En cuanto á las dimensiones y espaceamiento de las riostras y contrariostras, estas son según el autor, invariables, varie como quiera la luz del tramo.

Los pisos Vaux, vemos pues que resultan sumamente sencillos, no exigen un gran trabajo de ensambladuras, ni soldaduras, tampoco es de aquellos trabajos que obliguen al herrero á trabajar al pie de la obra. Lo único de notar que hay en dicho trabajo, es el arqueo de las vigas (efecto que se obtiene martillándolas en frio), los acodamientos de los hierros de doble *z*, y las bifurcaciones de los extremos de las vigas y contrariostras.

Finalmente para que el asiento de las vigas *a*, se efectúe por igual, se tiene buen cuidado de hacerlas descansar sobre planchas de hierro P, convenientemente sujetas sobre el muro.

Tal es en resumen el sistema de pisos de Mr. Vaux, que siendo los primeros que recibieron el nombre de tales, se emplearon en los primeros albores de la formal introducción del hierro y en gran escala, en las construcciones, sistema que en aquella época fué recibido con grandes plácemes por las entidades de más fama en el arte de la construcción.

Más como todo en este mundo, está sujeto á mil evoluciones, cuyas tienden siempre á la perfección del ideal que se

persigue, no salió eximida semejante tendencia, en el procedimiento de Mr. Vaux.

En aquellos tiempos no se conocían los hierros de doble T, ó cuando menos no se construían en forma de barras para vigas. Los talleres no fabricaban más, que hierros de un número muy limitado de perfiles ó formas, y estas eran muy sencillas, sobre todo la rectangular, más andando el tiempo y aleccionados los constructores con la práctica de los hechos, trataron de aligerar el peso de estas vigas, y al efecto dieron en ensayar la forma de doble T; esta forma tiene la ventaja que su momento de inercia; á superficie de sección igual, es mayor que la que corresponde á una sección rectangular.

Además el perfil de doble T, de cabeza, alas ó nervios iguales, ofrece las ventajas siguientes:

1.ª La línea de las fibras medias se encuentra á la mitad de la altura del sólido.

2.ª La resistencia con relación á las acciones perpendiculares al plano de flexión, es mayor, que para un perfil rectangular de débil espesor.

3.ª Una gran parte de la sección, estando referida, á una cierta distancia del centro de gravedad, el momento de inercia, es mayor, que para el sólido rectangular de igual superficie de sección.

4.ª La forma de doble T, tiene la ventaja, de satisfacer á la condición, que su resistencia es tanto mayor, cuanto mayor también sea la diferencia entre el perímetro y la sección. Y en efecto, se encuentra que una misma cantidad de materia que entra en un prisma de base cuadrada ó rectangular y que dé una resistencia como á 1, puede bajo la forma de doble T, dar una resistencia 2, 4, 6, 8 veces mayor, según que se varíe el ancho de las alas y el grueso del alma.

Tales son las ventajas que se obtienen, echando mano del perfil de doble T, para piezas de hierro que hayan de estar sometidas á esfuerzos de flexión. Lo podemos fácilmente evidenciar por la comparación de estas dos secciones. Sea figura 444 la sección recta del hierro rectangular, teniendo por base el $^1/_5$ de su altura, y tratemos de construir un perfil de doble T de igual superficie de aquél; á este objeto dividamos el rectángulo en dos en el sentido de la altura, así tendremos los semi-rectángulos R y R'; dividamos ahora el rectángulo R', en cuatro partes iguales A, B, C y D entonces claro es que si adoptamos por alma de la doble T, el semi-rectángulo



R (fig. 445), y por alas de la misma, los A y B, para el platillo inferior, y los C y D, para el superior, habremos evidentemente formado, una sección de doble T, equivalente en superficie á la total del rectángulo dado.

Los hierros de doble T, que se emplean en las construcciones vienen consignados en los distintos álbums de las casas constructoras, y en la mayor parte de ellos figura el valor del módulo $\frac{I}{V}$; el del peso por metro lineal, así como la carga total, suponiéndola uniformemente repartida y que alcance á resistir, sin que el coeficiente de resistencia R, exceda de 6'8 á 10 kilos por milímetro cuadrado.

Las longitudes, en que ordinariamente se encuentran las barras de doble T, en los talleres son las siguientes:

| Altura | | Longitud |
|---|---|---|
| 0m'08 á 0m'10. . . . . . . . . | se fabrican hasta de | 9m |
| 0m'12, 0m'14 y 0m'16. . . . . | Idem | 9m'50 |
| 0m 18, 0m'20, 0m'22 y 0m'26. | Idem | 10. |

**260. Sistema Kaulech Mignon.**—En el año de 1850, Mr. Kaulech construyó su sistema de piso de hierro, modificando el que hemos visto de Mr. Vaux, y al efecto y habiendo ya analizado las ventajas de la doble T, substituyó á las vigas de sección rectangular, por otras de doble T. (Véanse las figs. 446 planta, fig. 447 sección en detalle y fig. 448 perspectiva general). Las vigas están expresadas en A, llevando en sus extremos una correa B (fig. 449v), terminada por un anillo, dentro el cual se introduce una barra cilíndrica, la cual se empotra en el macizo del muro, formando de este modo una suerte de áncora que fija sólidamente la viga en su debida situación.

Mr. Kaulech, quiere que sus viguetas se fabriquen con una curvatura, cuya flecha sea de $\frac{1}{200}$ á $\frac{1}{300}$, con relación á la luz, y al colocarlas, su curvatura se dirige de modo que la concavidad vaya hacia abajo, de modo á formar un ligero arco; cada dos viguetas contiguas, se hallan enlazadas ordinariamente á distancias variables de 0m'70 á 1 metro, por medio de riostras C de doble Z, análogas á las de Vaux, única-

mente que aquí los recodos inferiores de las Z, se apoyan bien prietas con las alas inferiores de la vigueta, comunicando así, más consistencia al sistema; estas riostras son cuadradillos de 0m'014 á 0M'020 de lado en la sección.

Sobre estas riostras transversales, se apoyan ahora á distancias de unos 0m'20, otras riostras D, longitudinales de 0m'007 á 0m'011.

Se recomiénda también que todos estos hierros que descansan en el muro, lleven en sus extremos bifurcaciones para que puedan así hacer mejor presa, y asegurar su inamovilidad.

Más tarde Mr. Kaulech, trató de mejorar su sistema, asegurando mejor la inamovilidad de las vigas, de modo que no variara lo más mínimo su separación, con este motivo, introdujo los tirantes *b*, *b*, *b*... etc., de forma cilíndrica (fig. 449 planta; fig, 449' sección transversal; fig. 449'' sección longitudinal; fig. 449''' detalle de la sección transversal; fig. 449IV detalle de la sección longitudinal; fig. 449V detalle del empotramiento de las vigas *a*), obran estos tirantes como á largos pernos con cuatro cabezas, dos interiores y otros dos exteriores, con sus correspondientes roscas; según la altura de las vigas que aseguran, tienen dimensiones varias, así los hay cuyo diámetro es de 0m'016, 0m'018 y 0m'020, y puédense colocar á la mitad de la altura de la viga, ó un poco más bajo si así se prefiere; en cuanto á su colocación van alternados conforme muestran las figuras de referencia, conservando entre sí una separación de 0m'090, los que se tienden á una misma línea (fig. 449IV), y de 1m aproximadamente los comprendidos en un mismo inter-espacio de vigas *a*.

Ahora apoyándose, sobre estos tirantes, colócanse contra riostras *c*, cuyas las constituyen hierros cuadradillos cuya sección recta suele tener de lado 0m 013 á 0m 020, ellos están doblegados en sus extremos, afectando cada uno, forma de doble Z, y se enganchan pendientes, sobre cada dos, de los mencionados tirantes. Estas contrariostras, contribuyen á reducir más el espacio que existe entre viga y viga; éstas se suelen colocar distantes entre sí de unos 0m'700 á 0m'800, mientras que la separación de las contrariostras *c*, es tal que suelen dividir en tres partes el rectángulo comprendido entre dos tirantes *b*. En cuanto á la altura de las vigas *a*, se escogen generalmente las de 0m'18 de altura.

Semejante disposición de riostras y contra-riostras, preparan un lecho sobre el cual descansará la urdimbre que formará el relleno y forjado constituyendo una masa compacta que regularmente consta de yeso y cascote, ó mortero con fragmentos de mampuestos. El forjado de mortero, se lleva del propio modo, como el de yeso y yesones; así se disponen debajo de las viguetas *a*, una serie de tablones de modo á formar una cimbra plana, sobre la cual se fabrica una mampostería horizontal con ripio de piedra dura trabada con mortero de cal hidráulica que contenga algo de cemento. Este forjado, es de superior condición que el de yeso, pero tiene la desventaja sobre este último y es que tragua mucho más lentamente. Véanse las figs. 447 y 449'''.



El forjado con pavimento de 0m'10 de espesor, construído en un piso bajo consta 1.° de una capa de 0m'08 grueso de hormigón con 350 kilogramos de cemento de Portland por un metro cúbico de gravilla lava; 2.° de un enlucido plástico, unido y bujardado de 0m'02, de espesor.

**261. Sistema Baudrit** (lám. 20, figs. 451 y 451').—Con el objeto aun de tener más aseguradas la posición ó separación de las vigas de doble T, A, A Mr. Baudrit emplea dos riostras B y B', ambas acodadas en sus extremos, llevando la cola en forma de cola de milano para así facilitar mejor la fijación del perno y no quedar debilitado el hierro B ó B' en sus extremos. Estas riostras se colocan la B en la parte superior y la otra B', en la inferior del nervio de la doble T, correspondiendo las partes acodadas en los ángulos que forman los platillos superior é inferior con el alma ó altura de las vigas. Ahora sobre las riostras inferiores B', descansan las contra-riostras C, C... etc., en las cuales se apoyará el forjado. Este procedimiento si bien es cierto, consigue el objeto del autor, cual es, el de dejar más inamovible la viga, en cambio no obedece á los principios mecánicos de buena construcción, pues con ello, se debilita el alma de la viga precisamente en los puntos de más resistencia, por estar éstos á la mayor distancia relativa, de la fibra neutra.

Posteriormente, el mismo autor, comprendiendo el inconveniente de su sistema lo modificó como muestra la fig. 452, haciendo que las barras planas de riostra, en lugar de adaptarse en ángulo recto debajo el platillo superior, y encima del inferior, lo cual obligaba á perforar el alma para la introducción de los tornillos; colocó dichas barras en simple contacto superpuestas, la una sobre el platillo superior haciéndola fija

por medio de dos solapas que cabalgan adaptándose á las dos medias alas que forman la cabeza superior de la doble T; ahora estas solapas y la barra son las piezas, en donde se fijan los pernos y tornillos; dejando al alma indemne; en cuanto á la barra inferior, ésta se la coloca de canto, de manera que su mayor dimensión aparece en sentido vertical, retorciendo luego en caliente sus extremos de modo, que cual dos ganchos agarren á las medias alas exteriores de la parte inferior de las vigas, dejando con esa disposición, también completamente incólume la parte inferior de la viga.

Ahora sobre esta última riostra es que van á descansar los hierros cuadradillos de las contra-riostras, conforme es de ver en la figura antedicha.

262. **Modificaciones de Mr. Jeannette**.—Este autor, fué el que introdujo el ladrillo en el relleno de los interespacios de vigas de hierro, estos ladrillos colocados en dovelage, formando arco, al principio sentados de plano, sobre las riostras inferiores del sistema Baudrit (fig. 457), y así se ven estos ladrillos en *m*, *m*, *m*... etc., macizos; pero ya poco después y al objeto de aligerar la urdimbre se colocaron huecos como se representan en *n*, *n*, *n*... etc., mas no tardó mucho tiempo, en que según se ha indicado, se colocarán formando arco (figura 455), y huecos ó macizos y entonces para garantir mejor la constante separación de las vigas y evitar reciban nocivo empuje, es cuando son á propósito los tirantes de que antes hemos hablado introducidos por Mr. Kaulech, y así dichos tirantes los dispuso Mr. Jeannette sobre el arco de ladrillo (fig. 455), cuando el canto del mismo entraba á formar parte de la sección recta del arco, ó también colocaba dichos tirantes en la disposición de la fig. 456, esto es interesando en el grueso del arco ó bóveda, cuando dichos ladrillos aparecían verdaderamente dovelados, formando el grueso de la bóveda la mayor dimensión de los mismos; mas en semejante caso fué cuando Mr. Jeannette, modificó el tirante, pues en lugar de ser una varilla cilíndrica, obrando como perno con sus cabezas de tornillo, la cambió por una gruesa barra plana B (figs. 453 y 453′), doblemente acodada y sujeta con tornillos en la parte central del alma de la viga. Esta disposición, dice el autor, dá más consistencia al enlace y unifica mejor al arco con las dobles T; véase la disposición de la figura 454, que demuestra al arco de relleno, valiéndose de ladrillos huecos adovelados, los tirantes en forma de barras



y la colocación definitiva del piso empleando madera para los suelos (1).

263 **Sistema Jaï**.—Mr. Jaï fué el primero que propuso introducir las bóvedas de hierro en plancha, al efecto, encorva la plancha de hierro, de modo que afecte la forma de arco rebajado A, estribándolo en los ángulos del nervio inferior (figuras 460 y 460′), reforzándolo á trechos, con nervosidades B, como son hierros de simple T, cuales van sujetos con el intradós continuo de la bóveda de hierro, por medio de roblones, lo propio que los arranques del arco, que van sujetos con tornillos á las alas inferiores de la doble T. Además, superpuestas á las alas superiores, corren las riostras D, que coadyuvan al buen enlace, pues van también sujetas por medio de tornillos á dichas alas. Ahora, en el hueco que queda entre la bóveda A y la riostra D se maciza con un buen trabajado y compacto hormigón. Son á propósito semejantes sistemas para forjados pesados y pavimentos de hormigón mortero ó yeso, tienen la ventaja de no exigir cimbras.

Es ya muy frecuente especialmente en Inglaterra, emplear para la construcción de techos ó pisos metálicos, vigas de simple ó doble T, debidamente arqueadas y sirviendo de riostras, y aun en la misma Francia, hay un ejemplo relativamente reciente, en la construcción del edificio, destinado á la *Escuela de Derecho;* en ella existe entre sus piezas, un bonito salón de $20^m$ de longitud por $11^m$ de ancho el cual está dividido (al objeto de facilitar la construcción del piso), en cinco tramos de $4^m$ cada uno de luz, subdividiéndolo vigas de palastro de $0^m$'50 de altura ligeramente arqueadas. Ahora estas vigas están arriostradas por viguetas también curvas; de modo que así se aparece la superficie de intradós, curva en el sentido transversal y en el longitudinal, cual propiedad se suele aprovechar para la decoración.

Otras veces el arriostramiento, también tiene lugar con

(1) En los suelos que se construyen ordinariamente en Barcelona, y en casas particulares, se emplean viguetas de doble T, de $0^m$'16, $0^m$'18 ó $0^m$'20 de altura, separadas entre sí de eje á eje de $0^m$'70 á $0^m$'80, y entre ellas se colocan bovedillas tabicadas de dos á tres gruesos estribando en los ángulos inferiores de la doble T, tal como indica la figura 455′, sobreponiendo luego en estas bovedillas un buen mortero constituyendo un lecho hasta alcanzar la altura del embaldosado, el cual va asentado directamente en aquél.

grueso palastro formando ángulo en el centro ó eje del interespacio de dos vigas como muestra la fig. 463, así como del propio modo tiene lugar dicho arriostramiento, con palastro ondulado (figs. 461 y 461'), ensambladas entre sí las hojas onduladas, por medio de roblones, apoyándose todas dichas ondas sobre los nervios inferiores de las vigas, efectuándose luego sobre ellas, la urdimbre ó macizo de hormigón.

Empleó también Mr. Jaï sus riostras curvilíneas, cuando el grueso del piso excedía de las dimensiones ordinarias, pues con este motivo para no cargar en demasía la construcción del suelo, disponía doble relleno, separados por espacios huecos empleando también dobles riostras curvilíneas, que insistían sobre los nervios de una triple T (fig. 462). Esta última especialidad de hierros son hoy día poco ó nada empleados, y sólo se comprende puede echarse mano de ellos, para casos raros y forzosamente determinados, no salen por cierto muy ventajosos, pues aparte del mucho peso relativo que tienen, no resultan por otra parte, con el aumento de fuerza que á primera vista parece que les ha de comunicar el nervio central, cuyo le dá la forma de triple T.

264. **Plafones decorados.**—La forma especial de los hierros de doble T, permite la colocación de piezas de barro, cuyas están elaboradas de modo á llevar consigo dibujos artísticos, que embellecen y sirven de ornato al techo de la habitación de que se trate, armonizando con el decorado de las paredes. Semejantes trabajos, fueron introducidos en Francia por varios Arquitectos é Ingenieros, entre los cuales, se cuentan en primer lugar los Sres. Muller, Hugé, Saulnier y otros tantos que sería prolijo enumerar. Estos plafones, están compuestos pues, de piezas de barro cocido, algunas veces cubiertos con esmalte y animados con hermosos matices de colores, en consonancia con la entonación que lleva el ornato de los muros ó lienzos de pared. Estas piezas de barro, ya son planas ó curvas, formando cada una de las mismas un bastidor de *quita y pon*, asentándose sobre los nervios inferiores de las vigas: así el techo referente á la fig. 464. Los plafones parciales ó bastidores son planos, dibujándose uno de ellos entre las letras *a b c d*, en pos de este, se colocarán en seguida en intimo contacto á lo largo de las líneas *ab*, *cd* los que preceden y sigan al citado, todos dentro del espacio que media entre las vigas A y B. Así se colocan igualmente los referentes, á los otros espacios de las demás viguetas



siempre entre cada dos de ellas. El peso del metro cuadrado se calcula de 60 *kilos*.

La fig. 465, nos muestra un ejemplar de plafones ligeramente arqueados conviniendo este caso cuando la separación de las viguetas es algo mayor, el mínimum en que ordinariamente suelen colocarse (0m'60), pues entonces se emplea el arco, por prestarse á la formación de varias piezas adoveladas ó juntas quebradas, aquí cinco piezas por arco, siendo las piezas de arco ladrillos huecos decorados en la parte que les concierne hácia la parte de intradós, y separados estos dibujos en todo el sentido longitudinal, por el platillo inferior del nervio de la doble T.

Otras veces, no se quiere fatigar demasiado, con el peso que sobre ellas gravita á la suerte de bóvedas así formadas, y se las auxilia, como en la (fig. 466), por medio de riostras en forma de doble Z, de que anteriormente ya hemos hecho mención. Lo propio sucede con el ejemplo de la (fig. 467) en donde cada bastidor se compone de tres partes A, B, C, planas inclinadas las extremas A y C, estribando en los nervios inferiores de las vigas; al paso que la intermedia B, es horizontal, colocada á junta plana adovelada con las otras dos, á la vez que todo el armazón pendiente ó colgando de las riostras de doble Z En fin análogos ejemplos nos ofrecen de esta clase las figs. 468 y 469 siendo de notar en la última lo ingenioso del contrarresto y enlace de las piezas de barro cocido.

265 **Vigas y contra viguetas.**—Cuando el espacio que separa á las vigas entre sí, va aumentando y alcanza á medidas próximas á 1m'50, entonces el empleo de las simples riostras de que hemos hecho mención, daría lugar á vibraciones ó movimientos demasiado pronunciados, en detrimento de la solidez, contribuyendo ello al agrietamiento y descomposición en fragmentos del relleno ó forjado; en este caso, es conveniente sustituir á las primeras riostras, por viguetas A de 0m'08 de altura, colocadas (fig. 458), sobre los nervios inferiores de las vigas de suelo B, cuyas á su vez alcanzan una altura de 0m26. Las viguetas A, suelen disponerse espaciadas de 0m70 á 0m80 y luego se colocan fijas ó ensambladas con las vigas B, por medio de hierros de ángulo ó escuadras, auxiliadas con tornillos Por último, cabalgando en seguida, sobre las viguetas A, se disponen las riostras *c*, de doble Z, separadas una de otra de unos 0m30.

Otras veces se prefiere para aligerar peso, sustituir á

las contra viguetas de $0^{m}$'08, por viguetas en escuadra A; (figs. 450, 450', 450'') sustentadas sobre el nervio inferior de la viga B, valiéndose de una cartela auxiliar C, en contacto inmediato, con la rama vertical del hierro en escuadra A, y luego sujeto á ella y con la viga B por medio de roblones *r*, *r*, *r*..... etc., que se hacen solidarios con una escuadra auxiliar F, cuyas dos ramas están en contacto por una parte con la cartela C y por la otra con el alma de la viga B, con el auxilio del perno P, de dimensiones bastante potentes. En seguida sobre el platillo horizontal de la escuadra A, se asientan, las segundas escuadras D, de contrariostras, fijándolas á él por medio de las cuñas E, véase al efecto el detalle (fig. 450'') sección transversal dada por la línea *p q*.

Otro caso análogo representa la fig. 459 de la lám. 20, diferenciándose solamente en que la vigueta en escuadras A, descansa en el platillo de la B, por la rama ó brazo horizontal, verificándose un asiento más extenso y quedando casi más asegurada la pieza A.

**266. Sistema Zores.**—La práctica del empleo de las vigas de doble T, y las distintas experiencias hechas en ellas, vinieron á dar prueba plena, que al emplearlas ya, con, ó sin empotramiento, y fuere el que fuere el sistema de arrostramiento que se elija; siempre tenía en ellas lugar una cierta deformación, llegando aún esta á la torsión, para cuando se acumule una carga que alcance á la mitad ó cuando más, á los tres cuartos de la carga de rotura. A obviar semejante dificultad, se dedicó Mr. Zores, estudiando esta cuestión para buscar nuevas formas que garantizaran más la resistencia transversal, al mismo tiempo que fueran fáciles de laminar, y de un empleo expedito, y tales, que sometidas á las cargas de rotura, no ocurriera más deformación, que la natural alteración ó quebranto sufrido por el desgarro del metal. Al principio, ya se acudió á la forma tubular, la cual como es sabido ofrece gran resistencia transversal, á este efecto los primeros ensayos, y después verdadera aplicación, los hizo el ingeniero Stephensón en los puentes de Menai y de Conwaij, no sin que se ofreciesen no pocas dificultades, á pesar de laminar fácilmente y de un modo análogo conforme se hacía con el rail americano y el rail Brunel, cuales por otra parte no se aviene su empleo en las construcciones ordinarias por su relativo y excesivo peso, atención hecha á su poca altura.



En este estado, fué cuando Mr. Zores, hizo laminar un hierro tubular, cuya sección transversal tuviera la figura de una U invertida, y que después modificó bajo la forma de una V, también invertida, revistiendo las piezas así producidas, las formas más abiertas dentro el sistema tubular. (En Inglaterra, resolvióse este asunto empleando láminas onduladas, consiguiendo la verdadera forma tubular, reuniendo por superposición dos de estas láminas, tal como muestra la figura 470 cuyo procedimiento lleva el nombre de su autor Henderson. Dicho modo de proceder sería también factible, dando el mismo resultado empleando los rails sistema Brunel ó los de Barlow).

Tres modelos de hierros de U, invertidos, empleó sucesivamente Mr. Zores el primero (fig. 473), de U ordinaria ó sencilla, el segundo (fig. 472) de U acodada y el tercero de U con ganchos extremos (fig. 471), la introducción de los ganchos permite fijar más sólidamente las traviesas de riostra, consolidando mucho más el conjunto, así como asegura mejor la constante y primitiva separación de las vigas de U.

Con arreglo á estos tres perfiles Mr. Zores construyó pisos ó suelos combinando los elementos de muy diversos modos, cuales en resumen pueden concretarse los más principales á los siguientes.

a). *De U sencilla* (fig. 474), sección transversal; (fig. 474') sección longitudinal. Las vigas están expresadas por la letra A, tienen unos 16 centímetros de altura siendo su separación constante de un metro. Para que esta quede completamente garantida, se encepan estas vigas dos á dos por gruesas planchas de hierro *a*, envolviéndolas cual lo haría una cuerda, únicamente que para aumentar si cabe, la fijeza de cada viga, se la concluye de aprisionar por medio de una clavija *c*, que se fija en la parte superior é interior de este como anillo prolongado *a*, y al mismo tiempo en íntimo contacto con la parte lateral interior de la viga A; así esta en su correspondiente sección transversal, queda completamente encerrada en uno como si fuera lazo de encuadramiento. Esta brida aprisiona la viga A con su compañera de la derecha, mientras que otra brida *b* análoga á la *a*, la hace solidaria con la viga que tiene á su izquierda. Esta disposición ahora se repite por igual con todas las vigas; la separación de dos líneas de bridas paralelas es de un metro.

Sobre las líneas inferiores de estas bridas *a*, se asientan

directamente las contrariostras *d*, separadas una de otra de unos 20 centímetros, las cuales reciben directamente el material de relleno.

Sobre la viga A, descansan los tablones ó vigas de suelo B, cuales reciben directamente la tablazón D.

Para fijar más la viga A, Mr. Zores, armaba á dicha viga en su extremo de una áncora ó pasador, el cual empotraba en el grueso del muro.

b). *De U acodada*, (figs. 475 y 475'). Sección transversal y longitudinal. Aquí se aprovechan las partes horizontales de la U, que forman el acodamiento, para colocar directamente sobre ella las riostras *b*, que sostienen el relleno ó macizo de hormigon; más las partes inferiores de la U, están á la vez trabadas por el hierro *a*, que corre en todo el trecho transversal, arriostrando varias vigas á la vez, y contribuyendo á impedir que se abran las ramas verticales de dichas U, bajo el peso que sobre ellas pueda obrar. Claro es que con dichos acodamientos, las vigas en U, mejoran las condiciones de su asiento, el cual queda más extenso. La sujeción de las piezas *a*, con las patas de la U, se verifica con el auxilio de los pernos *p*. El resto de ambas figuras, está en idénticas condiciones que el caso anterior.

c). *En U tubular* (fig. 479). Mr. Zores al objeto de unificar mejor el conjunto de la viga en U, y asegurar más la no separación de las ramas de la U, bajo el peso que tienen que sobrellevar, dispuso una plancha *a*, fijada por medio de pernos en la parte inferior de las patas, y en todo lo largo de la viga, viniendo así ella constituyendo verdaderamente una forma tubular, verificándose al mismo tiempo un asiento más seguro.

Ahora de viga á viga corren las riostras *b*, asentadas directamente en la parte superior de los acodamientos, subdividiendo ellas los espacios comprendidos entre vigas, de tal modo á formar un lecho, en donde se disponen ladrillos huecos. En fin, sobre el lomo de las U, descansan en seguida las piezas de entablado del piso; tal como muestra en planta y en conjunta la (fig. 477), trozo comprendido por las letras *abdc*.

El relleno puede hacerse también por medio de grandes piezas huecas en sentido longitudinal, y formadas con piedra artificial ú hormigón, ó argamasa de yesón como muestra la figura 476 y 476', con esta disposición se excluye por completo la madera, colocando en seguida el piso sobre dicha construcción, y saliendo de este modo más ligero que el caso anterior; la disposición general puede verse en planta, dentro del rectángulo *fgid*.



d) *En U, con ganchos ó doble recodo* (figs. 479 y 479').— Secciones transversal y longitudinal. Así dispuesta la viga con la doble escuadra que forman las patas, de modo á dibujar un gancho ó arpón, se coloca hacia la parte inferior un hierro *bcc'b'* de unos 4 centímetros de ancho, y de modo que esté perforado según un rectángulo en parte de sus ramas verticales, en los ángulos entrantes de este hierro adicional, han precisamente de adaptarse los ángulos salientes de las patas de las vigas A.

Ahora es cuando, por estos pequeños orificios se introducen las cabezas de las riostras *a*, las cuales terminan también en una suerte de ganchos, que se adaptan perfectamente en los mentados de las patas del hierro en U, y se hacen fuertes por medio de las cuñas *m* bien remachadas. Aquí se emplea la viga B, de madera, asentada sobre el lomo de las piezas en U; y luego sobre aquéllas el entablado.

e) *Hierros cónicos* —Mas ya hemos indicado como después de haber Mr. Zores empleado la forma de U invertida, vino en virtud de los resultados prácticos, á modificar dicho perfil con el de una V invertida, y esa clase de hierros se les ha dado el nombre de *cónicos*. Se usan para las piezas destinadas á vigas de pisos, y su disposición es á propósito para cuando el relleno se hace por medio de arco formado por ladrillo dovelado, pues entonces (figs. 480 y 481), la inclinación de las ramas de la V, hacen oficio de salmeres, análogamente como sucede en las piedras superiores de las jambas, al recibir las juntas de las últimas dovelas del arco de cantería.

El ladrillo del relleno suele emplearse como en las figuras 481 y 482, de clase hueca para así aligerar el peso que sobrelleven las vigas; pero al objeto de asegurarlas más, evitando la separación inferior de sus ramas, se las traba con las planchas *a* (fig. 482) sujetadas con pernos en las patas de la V, cuya separación de las ramas es de $0^{m}$'055, mientras que el total ancho en su parte inferior con inclusión de lo saliente de las patas, es de $0^{m}$'120, ancho también de la plancha *a* trabadera; la distancia de eje á eje entre vigas, alcanza en este sistema á $0^{m}$'75. Ahora sobre este sistema de arcos descansa el relleno de mortero ú hormigón que recibe directamente el pavimento.

Mas también permiten las vigas V invertida, prescindir de los arcos de ladrillo y emplear en su lugar el procedimiento del relleno del simple hormigón, sustentado (figs. 483 y 483′) por riostras *a* y contra-riostras *b*, éstas sobre las primeras y estas últimas descansando en las patas de la V.

Sobre el lomo de las V, se apoyan las traviesas de madera cuales reciben directamente el solado. Aquí el inter eje de viga á viga es de $1^m$.

En la fig. 478′, se demuestra en el rectángulo *gid* la disposición del conjunto de la planta, con la representación de todas las piezas que entran á formar parte de este último sistema, mientras que el otro rectángulo *dihc* de la fig. 478 hace ver la disposición referente del sistema de arcos cuyo detalle es referente á la de la fig. 482.

Finalmente la fig. 484, muestra, como pueden también emplearse las riostras en forma de T sencilla, montando sobre ellas las correspondientes contra-riostras, cuales reciben como en los demás casos el relleno.

267. **Sistema Husson-Bertrand.**—Estos dos autores, concibieron un sistema muy especial para pisos de hierro, y tal, que pudiera también tener aplicación para los tableros de los puentes. Al efecto, su plan fué, encaminado, á subdividir el area destinada para el piso, en una especie de tejido ó red, formado por una suerte de piezas de hierro, que trabajasen de tal modo á aliviar en todo lo posible á las vigas que son el alma de la construcción, ya atirantándolas, ya estribándolas, ya encepándolas y siempre impidiendo la pequeña deformación de que fueran susceptibles, dado el caso de una carga ó movimiento exagerado que sobre ellas obrare; y eso último; es precisamente la propiedad inmejorable, que de tal procedimiento se puede obtener para cuando, su empleo se realice para los mentados tableros de los puentes.

Compónense los suelos de este sistema, (fig. 485 planta; figura 485′ sección longitudinal; fig. 485″ sección transversal, lámina 21); de una serie de vigas A de doble T, de alas desiguales, más abultada la superior que la inferior; de $0^m16$ de altura cada viga y cuya separación de eje á eje es de $1^m$, suponiendo ser de $6^m$ la luz del espacio que hay que salvar; todas ellas están fuertemente sujetas á los muros por medio de barras verticales B, en forma de áncoras empotradas en el grueso de los propios muros. Se consigue esto superponiendo en el sentido lateral del alma de la doble T; una fuerte correa



C (fig. $485^{IV}$) (detalle de planta y alzado) fijada en ella por medio de tornillos ó pernos, en cuyo extremo de dicha correa, se dispone una anilla, dentro de la cual, pasa la barra vertical formando el áncora.

Para impedir toda flexión de dichas vigas, van encepadas en su mitad por dos piezas gemelas D (figs. $485^{V}$, $485^{VI}$, $485^{VII}$, $485^{VIII}$, detalles), oblicuamente colocadas la una á la derecha y la otra hacia la izquierda, afectando las dos en su conjunto la forma de una X, constituyendo como brida que contornea la viga. Auxiliada para así fijarla; con cuatro tornillos, cabezas de otros tantos tirantes (barras cilíndricas E) que enlazan dos vigas vecinas A; éstas se las dá en su centro una ligera flecha, simulando un arco de escasa curvatura.

Los autores emplean varias clases de riostras, unas como en la fig. $185^{IX}$ son de forma ordinaria como las que hemos visto en los demás casos; otras son de fundición (figs. $185^{XII}$, $185^{XI}$), adaptándose sus testas en las partes laterales del alma de la viga, para lo cual, se las cortan lo necesario en las extremidades de las alas (pues estas riostras son de doble T, abuecadas en parte, en algunos intervalos, tal como se puede ver en las figuras de su referencia), hasta que la testa de su alma, quede en íntimo contacto con el alma de la viga A; en este estado; un grueso tornillo que precisamente atraviesa el alma de la viga, se encarga de enlazar dos riostras sucesivas. El otro procedimiento de riostraje es el de las figs. $185^{XIII}$, $185^{XIV}$, formado por cruces de San Andrés; éstas de hierro fijadas fuertemente en el alma lateral de las vigas, con el auxilio de cinchos, ó bridas, en las cuales están abiertas, ranuras verticales, lo indispensablemente abiertas para poder pasar por ellas los cantos de ramas ó brazos de los hierros de las cruces de San Andrés.

Pero en general, el primer procedimiento ó sea el ordinario de riostramiento, y el que siempre hemos empleado es también, el que mejor cuadra, para luego colocar las cadenas diagonales de que nos vamos á ocupar, y que precisamente son las que dan la característica de semejante sistema tan especial.

Estas piezas son las expresadas por la letra F, obrando como cuerdas ó tirantes que se tienden en la dirección de las diagonales de los rectángulos formados por las vigas A; estas diagonales arrancan de los muros (fig. $485^{IV}$), doblegándose en el extremo de la viga á la cual tienen sujeta entre sus

brazos y dirigiéndose siempre por las diagonales, hasta encontrar la testa opuesta de la viga que esté más próxima á la considerada, se vuelve en ella á plegar y así proseguir hasta haber hecho todo el recorrido, cual es, desde un vértice del cuadrado de la planta, hasta llegar á su opuesto en el sentido diagonal; en estos puntos extremos, dichos hierros diagonales están terminados por un anillo, atravesado por una áncora ó vástago cilíndrico, análogo al que hemos visto al tratar de las vigas A.

Las cuerdas diagonales no están formadas de una sola pieza, antes al contrario. Mas son tantas como diagonales existan, y todo el recurso consiste en el ensamble de todas estas piezas, en sus extremos, esto es, en donde se verifican las vueltas ó dobleces.

Dos procedimientos de enlace emplean los Sres. Husson-Bertrand, el uno (fig. $485^{IV}$), consiste en una fuerte placa G, en forma de dos ramas de una A extendida, la cual es recibida en una horquilla dispuesta en los extremos de la cuerda diagonal, y fijada allí por medio de una clavija H, el otro procedimiento se reduce á que la placa G', se bifurca en forma de honda, en cuya base I se dispone una tuerca, dentro la cual se aloja el tornillo trabajado en el extremo del tirante ó cuerda, haciendo luego inamovible el ensamble, por medio de la cabeza J.

Clavijas, cuñas y tornillos son elementos todos, cuya misión además del enlace, es también contribuir á dejar bien tirantes las cuerdas.

Ahora como en los demás casos, sobre esa red de hierros que se cruzan y entretejen en todas direcciones, formando un verdadero lecho, se va colocando el material de relleno, empleando como siempre ya el cemento, cascajo, yesones... etcétera. formando como una suerte de bóveda.

268. **Sistema Armand.**—Hemos visto en los sistemas que hemos pasado en revista, que los hierros formando vigas de doble T, constituían la base principal de la construcción en los suelos de hierro; más pueden ocurrir circunstancias que la longitud, de estas vigas sea muy considerable y hasta exceder de las medidas posibles, para que puedan fabricarse, con los medios que cuentan los laminadores por cuales aquellas largas barras tengan que pasar; en este caso precisa acudir á una serie de enlaces, empleando piezas de palastro, cuyas uniones concienzudamente estudiadas y combinadas, puedan ofrecer una resistencia sensiblemente igual á la de la parte de las piezas no interrumpidas; en semejante caso los procedimientos, empleados, se basan en el auxilio del roblonado, el cual vimos y estudiamos en detalle en el párrafo número 248.



Uno de los primeros autores que pusieron en práctica tales procedimientos fué el Arquitecto Mr. Armand, y por la importancia de su trabajo, es que algunos constructores, han dado nombre á semejante disposición de suelos, conociéndoles con el nombre del mencionado Arquitecto. Dicho ejemplar fué el construído en París allá por el año de 1854, en el Gran Hotel del Louvre, alcanzando la sala en donde está destinado, un ancho ó luz de 12 metros; esta sala era la reservada al gran comedor, y esta no permitía la instalación de apoyos ó columnas intermedias, las que hubieran sido incómodas, ya considerada la cuestión bajo el punto de visualidad y buen aspecto de la estancia, ya también para con respecto á las comodidades inherentes al servicio.

La disposición que emplea pues Mr. Armand consiste (L.ª 23, fig. 486 planta) en una serie de vigas maestras A, construídas con planchas de palastro, separadas de eje á eje de $7^{m}$'50 y de una longitud cada una de $12^{m}$. Estas vigas principales sostienen y sirven de apoyo en cada tramo de $7^{m}$'50 á otras ocho vigas macizas, de doble T, dibujadas con la letra B, espaciadas entre sí y de eje á eje, de cada una de ellas de $1^{m}$'33, la altura de cada una, es de $0^{m}$'26, y vienen á pesar como unos 45 kilos cada metro lineal.

Ahora en estas últimas piezas B, se apoyan á su vez las piezas secundarias C, de forma de doble T, y de $0^{m}$'08 de altura, cuales pesan 7 kilos por metro lineal y se hallan separadas, entre sí, y de eje á eje de la cantidad de $1^{m}$25. De estas vigas C entran en número de cinco entre cada dos vigas B.

Finalmente, cargan luego sobre cada dos vigas C, las riostras D, que van subdividiendo más y más, los espacios; y estas riostras que entran en número de 3, por cada dos vigas C, afectan la forma de doble Z, conforme muestra la (figura $486^{VIII}$).

La fig. 486', representa una sección longitudinal ó vista lateral de cada una de las grandes vigas A, adjuntos con ella, todos los demás hierros que le están enlazados.

En la fig. 486". Es una sección longitudinal del piso, ó lo que es lo mismo, una sección transversal, para con respecto

á la viga A, para que con dicho dibujo, nos podamos hacer cargo de la estructura de los distintos enlaces de los demás detalles, con dicha viga A.

La fig. 486[IV] nos muestra el detalle de la gran viga A; según hemos dicho, afecta la figura de doble T, compuesta de varias piezas de palastro, su altura total alcanza á 0m'636, el alma es una plancha de 0m'58 de altura, y un grueso de 10 milímetros; ahora esta alma, termina superior é inferiormente por dos hierros en escuadra formando los nervios de la doble T, roblonados con dicha alma; las dimensiones de estas escuadras son de 90 milímetros de extensión, para cada una de las ramas ó brazos, y de 10 milímetros de grueso para cada una; y por último, superpuestas sobre los platillos que forman estas escuadras, y como reforzando á dichos nervios; hay dos planchas de hierro que juntas forman un grueso de 28 milímetros, teniendo un ancho de 0m'35 y que definitivamente constituyen los platillos ó cabezas superior de dicha viga maestra A. Los roblones se encargan de hacer solidarias, estas planchas entre sí; así como de sujetarlas á las escuadras de la viga A.

Detallada así la jácena ó viga maestra, es cuando nos podemos hacer cargo del modo como vienen á apoyarse en ella las vigas de segundo orden B; al efecto, se colocan estas últimas contra el nervio de la A, viniendo su platillo superior, debajo de las ramas horizontales de los hierros de escuadra superiores de la viga A, y así dispuestas se fijan en ángulo recto con el nervio de la A, por medio de las escuadras E, valiéndose al efecto de tornillos y roblones, y para aclarar mejor estos ensambles, obsérvese bien la fig. 486[V], la cual es resultado de la sección transversal XZ, dada en el detalle de la fig 486[IV].

Sin embargo, se quiere asegurar aún más el enlace de B con A (fig. 486[IV]), y á este efecto, se recurre á dos grandes cartelas de hierro, señaladas en F, las cuales apoyan la parte inferior de la viga de doble T, que hemos llamado B, y al mismo tiempo estas piezas F, descansan sobre el platillo inferior de la jácena A.

Estas cartelas están compuestas de una plancha F, de 8 milímetros de grueso, comprendida entre dos hierros en escuadra G, cuyas ramas tienen una extensión de 60 milímetros, todas estas piezas se hacen fijas entre sí por medio de roblones, empleándose también estos para el debido ensamble,



de dichas cartelas, con el alma de la viga A. La fig. 486[III], contribuye también á completar el conocimiento de dichos enlaces, por representar un corte transversal para con respecto á la viga B, ó si se quiere corte longitudinal para con respecto á la jácena A.

En la propia figura se demuestra el empotramiento de la jácena A, en el muro de recinto. La proyección vertical y horizontal completan la disposición; esta proyección horizontal es debida al corte ó sección horizontal dada por YU; dos hierros en escuadra H, colocados verticalmente, el uno á un lado, y el otro al opuesto del alma de A, se encargan de reforzar á esta por medio de roblones; en seguida dos correas bifurcadas I, cogen por medio de roblones al alma de la jácena A, permitiendo en el doblez extremo, un anillo por el cual paso el ancora J que se empotra fuertemente en el muro, garantizando así la inamovilidad de la pieza total A.

Las vigas de segundo orden B, tienen como hemos indicado 0m'26 de altura, siendo el grueso del alma 0m'11 y el ancho total de cada uno de los nervios 0m'12.

Vienen luego los enlaces de las vigas B, con las riostras C ensambles que están diseñados en las (figs. 486[VI] y 486[VII]), llevando cada una su correspondiente proyección horizontal, la una debida al corte RS, y la otra al corte KL; en ambas disposiciones, las piezas de doble T, señaladas por la letra C, se apoyan sobre el nervio inferior de la pieza B, y se hacen solidarias con esta última pieza, por medio de simples escuadras $x$, ó por medio de cartelas $m$ combinadas con hierros de ángulos $n$ colocados en el sentido vertical y cogiendo todo el nervio de B; pero todas son disposiciones y ensambles, de esta clase de enlaces que ya hemos visto, cuando hemos tratado de las agrupaciones principales de las distintas uniones, y que no hemos ahora de insistir sobre ellas, pues no nos ofrecen nada de particular.

**269. Sistema de jácenas en Celosia.**—El ejemplo de que nos vamos á ocupar, es muy análogo en su disposición general, al que acabamos de pasar en estudio en la Lám. 23, diferenciándose tan sólo del actual representado en la Lámina 24, en que las jácenas A, principales vértebras de esa red de nervios; aquí en este caso, son en parte huecas en el alma, por adoptarse el método de enrejado, por cruces de San Andrés ó sea el sistema de celosia que vimos al tratar de los refuerzos y acopladura en el párrafo número 257.

En la fig. 487 se representa parte de la planta, las jácenas están representadas por la letra A, considerando no más el espacio comprendido entre dos de ellas, la luz que hay que salvar es de $10^{m}$'40; así es, que esta es la longitud de dichas piezas con más la longitud de $0^{m}$'335, por cada extremo, cuya dimensión está destinada al empotramiento que han de tener en el muro de apoyo (téngase ahora en cuenta que aquí no más consideramos en el dibujo, la mitad $5^{m}$'20 de dicha longitud de $10^{m}$'40.

La fig. 487', es la sección longitudinal de la planta y la fig. 487'' la sección transversal. La altura de las piezas principales A es de $0^{m}$'504, encontrándose separadas entre sí de $4^{m}$35; estas piezas reciben ahora viguetas de doble T, macizas y señaladas en la planta, con la letra B, espaceadas entre sí, de $0^{m}$'678, y cada una de ellas, tiene por tipo, el modelo de la fig, 487''', cual viene acotado en todas sus dimensiones. A su vez estas vigas B, reciben cada dos de ellas, el aguante de otras viguetas más pequeñas C, separadas entre sí y de eje á eje de $1^{m}$'420, las cuales tienen por tipo el modelo, acotado en todas sus dimensiones en la figura de detalle $487^{IV}$.

La fig. $487^{VII}$ nos muestra el detalle de la jácena A (viga armada, la cual está formada de dos escuadras superiores é inferiores, cuales encepan á los montantes D y las diagonales E en ellos comprendidos, reforzados estos hierros diagonales por medio de ensanches en los ángulos ó encuentros y fijando sus posiciones por un estudiado roblonado. En esta misma figura se muestra el sistema de empotramiento, por el enclaje, análogo al caso de la lámina 23. Los hierros de escuadra aludidos, tienen como á tipo el modelo y dimensiones de la fig. $487^{VIII}$ lo cual completa la descripción de la fig. $487^{VII}$, así como su proyección horizontal producida por el corte YZ.

El ensamble de las vigas B con la jácena A, lo expresa la fig. $487^{V}$, es análogo al visto en la lámina 23, empleando también las cartelas inferiores F, para dar más apoyo á la viga B, auxiliando así á las escuadras G. Esta ensambladura se amplia con el dibujo de la fig. $487^{IX}$ que representa un corte dado para la línea UX; así como también en la fig. $487^{XI}$, expresa el detalle del hierro de T, con todas sus dimensiones y que constituye el alma central de las cartelas.

También si cabe se amplía más la descripción con el corte transversal dado por RS y del que es objeto la fig. $487^{VI}$.

La fig. $487^{X}$, muestra el ensamble de las vigas B con las



de segundo orden C y de las que nos ocupamos ya en la lámina 23; y al objeto de su mejor descripción, ampliamos ésta con la sección dada por MN, sirviendo ella de proyección horizontal.

La fig. $487^{XII}$ hacer ver el sistema de apoyo de las vigas ó maderos del parquet con las vigas C, y finalmente el detalle de la escuadra (fig. $487^{XIII}$), muestra las dimensiones del refuerzo H.

270. **Ensambles especiales para los pisos ó suelos de hierro** —No son esta clase de enlaces, de tal índole, que se empleen de ordinario, lo que es por otra parte muy sensible, pues superan en muchos casos, á los usualmente practicados, reuniendo mejores condiciones que estos últimos, ya tocante á solidez á la par que economía.

1.° *Ensamble de encuentro de dos vigas de doble* T.—Este enlace tiene uso muy frecuente en los techos de hierro, cuando por ejemplo una viga de suelo, encuentra otra pieza de hierro de la misma forma de doble T, cuya pieza hace el oficio de *brochal* (1) (llamándose así *embrochalado* la operación que tiene por objeto enlazar al *brochal*, las vigas ó carreras que no pueden alcanzar en uno de sus extremos al muro de caja) cuyo recibe en ángulo recto las vigas del techo (viguetas cojas) ó suelo de la habitación, en razón de existir un patio ó conducto de chimenea que ha de quedar indemne desde el plan terreno, hasta la cubierta del edificio y con él todo el espacio hueco de que se trate.

En este caso se reúne á los hierros en escuadra, (fig. 433, lámina 18), las cuales se hacen fijas por medio de tornillos al alma del *brochal*. Semejante procedimiento muy en uso, salta á la vista, que es en extremo defectuoso, toda vez que se debilita notablemente el alma del brochal, y además, el peso de cada una de las vigas cojas, está confiado á los simples tornillos que son los que verdaderamente trabajan; bien es verdad que cuando las piezas, tanto el brochal, como las vigas cojas tienen una misma altura, se recurre al procedimiento de cortar en sus extremos parte de las alas ó nervios de las vigas cojas, para que así puedan entrar en su alma dentro los

(1) Los *brochales* son piezas ensambladas á dos viguetas cerca de sus puntos de apoyo, con objeto de sostener los extremos de las viguetas llamadas *cojas*. Empléanse junto á los vanos y conductos de chimenea, y en todos los puntos en que no es posible apoyar las viguetas directamente en los muros.

platillos del brochal, y así se logra que dichas vigas, descansen por su alma sobre el platillo inferior del brochal, logrando así, ayudar ó aligerar algún tanto el trabajo del roblón antedicho; mas á pesar de este recurso, que no deja de ser no más un simple paliativo, siempre resulta un nuevo sistema más ó menos defectuoso, y hasta si se quiere también ineficaz, al tener en cuenta, que en el momento de cortar á las vigas de hierro, parte de sus alas ó nervios, esto es, en los puntos en donde es necesaria precisamente mayor resistencia, la quitamos gran parte de ésta, quedando la viga en el sitio en que esto se hace, muy quebrantada en la fuerza que antes podía resistir. Es pues en resumen bajo el punto de vista de la solidez, y aun también de la economía; no prestándose tampoco por otra parte á una buena colocación y ajuste; sumamente vicioso semejante procedimiento, y en vista de semejantes deficiencias, puede substituirse esta ensambladura, por la siguiente, más expedita en la colocación, más sólida y también más económica.

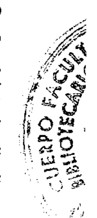
Consiste simplemente en una caja de hierro, (figs. 434 y 434') la cual se presta para sostener las cabezas de los hierros cojos; como se vé, dicha caja es realmente una silla, en la cual descansa la viga coja, ahora, esta silla está terminada superiormente, por una suerte de gancho A, el cual coge al brochal por la parte superior, quedando así pendiente de él, mientras que hacia la parte inferior, lleva una especie de talón B, por el cual se apoya sobre el ala inferior de dicho brochal; véase la figura de conjunto. Cada uno de los lados de la caja, lleva un agujero destinado á recibir un tornillo, para aun fijar mejor la pieza y haciéndola completamente inamovible; mas de todos modos, dicho tornillo no es de absoluta necesidad, y puede si se quiere prescindir de estos pasadores.

Según se puede inferir, este procedimiento, no exige ningún gasto de instalación, como no sea, el sumamente hecho con rapidez en la colocación de la caja sobre el brochal, y luego en alojar el hierro cojo dentro la caja.

2.° *Asiento de las vigas en los muros de apoyo.*—La práctica ordinaria es colocar ó asentar directamente las vigas sobre el muro, sin emplear ensambles de ninguna clase, limitándose según ello á los simples empotramientos, y en casos extraordinarios, á practicar un anelaje según ya hemos visto en casos anteriores, cual interesa no más á las vigas maestras ó jácenas. Con ello tenemos, que si los muros de sostenimiento, no se hallan perfectamente enlazados con toda la construcción del suelo, puede acontecer muy bien, que si por cualquier accidente fortuito, dichos muros vinieran á desarrollar algún movimiento algo notable, entonces el suelo y sus piezas que lo integran, saldrían de su sitio y hasta perder ó faltar los puntos de apoyo. Ahora bien, es un hecho evidente, que todas las piezas de hierro que forman un conjunto de construcción cuales se cortan encontrándose ó superponiéndose, es de rigor hayan de ser ensambladas, unificando así el conjunto y evitar la deformación general; tanto más aquí al tratar de este material, cuyas formas y dimensiones son relativamente exiguas, cuya circunstancia es desfavorable á una buena estabilidad. Pues bien, esta misma razón puede alegarse para cuando se trate de los asientos de los hierros en los muros, que ellos se encuentren allí perfectamente fijos por medio de enlaces, que los aseguren del percance de inusitado movimiento, cualquiera que sea la dirección en que aquél se desarrolle.



Al objeto pues de obtener semejante resultado, puede colocarse sobre los muros una solera de hierro A (fig. 435) la cual recibirá ahora todos los hierros vigas B, cuales se ensamblarán con la primera, con el auxilio del *perro* ó pieza C, de que luego se detallará, la cual con su muesca inferior, agarrará fuertemente á la solera A que corre á lo largo del muro y convenientemente embebida en la masa de la mampostería ó ladrillo que forma la construcción de dicho muro. De este modo, la pieza A, que obra como cadena que aprisiona el muro en su contorno, será á su vez aprisionada en sentido opuesto por las vigas del tramo de la derecha, y las del tramo de la izquierda, cuales la solicitarán en sentidos opuestos. Aquí como en el párrafo anterior, se evidencía que los muros paralelos, que apoyan el suelo ó piso, se hallan recíprocamente solidarios por el efecto de tan fuerte encadenado, al paso que el edificio en general que se encuentra así tan potentemente encadenado en todos sentidos, se halla en estado favorable para recibir cualquier embate; su conservación sale también garantida, pues de sobrevenir dicho inusitado movimiento, á menos que éste sea exagerado, como originado por un fuerte terremoto, no ha de hacer mella á los indicados puntos de apoyo.




3.° *Ensambles de vigas cuando cabalgan entre sí*—Los enlaces que se emplean de ordinario, en estas circunstancias,

son generalmente, hierros ó planchas en escuadra; cinchos y otros recursos por el estilo, cuales en verdad se presentan algo deficientes, fiándolo todo á la resistencia del tornillo fijador, el cual penetrando en el grueso exiguo del hierro, que forma el alma de la viga, no dá muchas garantías de inamovilidad, dado que sobreviniera un movimiento general del conjunto del edificio, para cuyo caso resulta ser preciso que los enlaces estén de tal modo llevados, que no puedan desligarse, y que juntando todas las piezas, estas cual si constituyeran una sola masa, sea ésta la que obedezca en su conjunto á dicho movimiento inevitable.

A este efecto, es conveniente echar mano de una pieza especial auxiliar representada en la fig. 435′ propuesta por Mr. Rosier, y á la que llama *perro*; ésta vá provista en su parte inferior de dos mandíbulas, entre las cuales media una boca ó entalladura, con la cual hace presa, á la pieza que se quiera sujetar hacia la pared vertical opuesta ó que aparece oculta. En dicha (fig. 435′) se reproduce en su perfil, aunque en sentido opuesto, el de la viga que se aprisiona. Así fijándonos en la fig. 436 en que se demuestra esta clase de enlaces en las tres vigas superpuestas, se empieza colocando el *perro* A, de modo que la cara vertical opuesta á la que miramos el de dicha pieza A, coincida con el alma de la viga superior B, en cuyo caso el ángulo entrante del platillo, inferior de la viga coincidirá con el ángulo saliente *a* de dicho útil; así como el ángulo saliente de la ala del platillo, se ajustará con el ángulo entrante *b*, del propio útil, en semejante disposición, se hace que el *bocado cd*, del perro, coja con una mandíbula una de las vigas inferiores, tal como la C, y la otra quede, entre la C y D, dejando dos pequeños huecos que se suplen por dos, como cuñas más ó menos gruesas según lo exija el grado de ajuste que necesiten, en esta disposición bien prieto el perro, y atravesado por algún tornillo auxiliar $x$, $z$, cuales lo fijarán á la viga superior B, dando así un ensamble muy seguro. Si bien se observa, tal modo de proceder es sumamente rápido, no invirtiendo gran tiempo en la mano de obra.

4.° *Ensambles en las jácenas, que sirven para cerrar los grandes vanos en las fachadas.*—Esta clase de jácenas, son en general, piezas compuestas de dos hierros gemelos de doble T, (fig. 437) enlazados interiormente, con barras de hierro formando cruces de San Andrés, cuales arriostrando, evitan la aproximación de las dos vigas; mientras que hacia



la parte exterior se las encierra dentro un cincho de hierro, y éste tiene por objeto, lo contrario del primer medio; oponerse á la separación.

Estos cinchos están colocados en caliente. Con este objeto para dilatar el cincho, se le calienta á una temperatura bastante alta, introduciendo luego en él la viga; se deje que así se enfríe el hierro, que, al contraerse vuelve á adquirir las dimensiones que antes tenía, obteniéndose así el temple necesario de las piezas de arriostramiento.

Del propio modo puede emplearse, el procedimiento de las figuras 437″ y 437‴, el primero consiste en introducir entre las dos jácenas, una pieza de fundición P, que se adapta al interior del hueco intermedio de las dos vigas, presionando fuertemente las alas interiores de aquéllas, echando mano luego del cincho exterior, conforme se ha practicado en el anterior ejemplo. Para dar más ligereza á dicha especial pieza de fundición, se la puede ahuecar según indica el círculo señalado de puntos en la propia figura. En cuanto á la figura 437‴, la pieza de fundición varía de forma, viniendo afectando según indica el corte, una pieza de doble T, interrumpida á la mitad de su alma por un cilindro horizontal, ahuecado en parte en su eje, al objeto, de permitir la introducción de un fuerte perno pasador, que ha de comprimir, sujetando á las dos vigas, y dar unidad al conjunto.

Ahora bien, esta clase de ensamble, si bien reúne buenas condiciones de seguridad, en cambio exige mucha mano de obra, invirtiendo gran número de jornales, en el montaje, y medios de transporte, pues si se construye en el taller del cerrajero, será el transporte de la pieza ya formada, hasta conducirla al pie de la obra, y dado caso que su construcción tenga lugar en la misma obra, entonces será el transporte de todos los instrumentos y útiles necesarios para semejante trabajo.

En semejantes circunstancias, será ventajoso substituir este especial ensamble, por el representado en la fig. 437′ el que reuniendo todas las buenas condiciones de construcción del ya referido, estará exento por otra parte de sus deficiencias, pues su formación es sencillísima, de fácil ejecución, no necesitando, instrumentos especiales de difícil manejo, prestándose á la vez á un buen ajuste en todas sus piezas, y sobre todo presidiendo en él lo económico, comparación hecha con el sistema anterior. Sean según esto las vigas acopladas ó

gemelas A y B, se echa mano luego de una pieza de hierro compuesta de dos partes, la una horizontal constituyendo un grueso y ancho barrote acodado en sus extremos CD y afectando la figura de una letra C; y la otra una lengüeta vertical *abcd* formando cuerpo con la primera. Las vigas A y B se colocan descansando sobre dicho barrote y de modo que las alas exteriores de los hierros T, estén en contacto con lo interior de los acodamientos de CD, y con ello visiblemente se infiere, que los recodos C y D, impiden la separación de las vigas. Hacia la parte superior de las alas de A y B, se asienta luego otro hierro EF, acodado también en sus extremos, y colocado de modo que los ángulos interiores de los recodos estén en contacto con los extremos exteriores de los platillos de las vigas; además, este hierro, tiene una ranura ó falsa caja *mnpq*, en su centro, al objeto de que al colocarlo pueda pasar por ella la lengüeta *abcd* antes referida, sobresaliendo parte de la misma, y ella como es notorio impide el que las vigas A y B puedan aproximarse, pues ya á propósito se construye el alma ó lengüeta que tenga un ancho *mn* igual exactamente al espacio que media entre los bordes ó aristas salientes interiores de las alas de las vigas. A más, para asegurar la puesta en junta, se disponen unas pequeñas cuñas de hierro *x*, *y*, que entren bien prietas en los orificios abiertos en la parte saliente de la lengüeta, y al ras de la parte superior de la pieza EF.

Aun se logra aumentar más el contacto, adicionando é interponiendo láminas ó planchas de plomo, entre las caras que hayan de estar en junta. Se comprende ahora que las dimensiones del aparejo descrito han de variar según sean las vigas A y B, así como su correspondiente separación á que hayan de encontrarse; de todos modos el alma ó lengüeta ha de estar siempre concretada, al grueso estrictamente necesario para la solidez del mentado aparejo.

5.° *Ensambles para hierros Zores.*—Cuando se trata de la construcción de pisos por medio de vigas conformadas con el sistema Zores; y en ellos dos vigas de esta clase, se encuentran en ángulo recto, se sigue ordinariamente la nociva práctica, de dejarlas en su encuentro sin ningún ensamble, cargando simplemente una de ellas, la que se presenta por testa, sobre las alas, por cierto muy reducidas de la otra, esto es, la que se presenta en el sentido de su longitud, introduciendo todo lo más una plancha de ángulo fija con tornillos, en las



paredes inclinadas de ambas piezas, y situada en el mismo rincón del encuentro, este modo de hacer, es notoriamente imperfectísimo, toda vez que el peso que carga sobre lo reducido de las alas ó patas de segunda viga, puede muy bien quebrantarlas, como ha sucedido muchas veces, desconyuntando el piso en sus distintas partes; pues bien, al objeto de evitar este grave inconveniente, es precisamente á propósito el ensamble especialísimo que propone el arquitecto Mr. Liger. Al efecto se dispone de una pieza (fig. 438) especie de prisma recto A, el cual está ahuecado en parte insiguiendo la forma ó contorno del hierro Zores, mientras que en una de sus caras laterales, va enlazado formando cuerpo con él, otro prisma, especie de espiga cuyo mango lleva también en B, la propia de dicho hierro, con estas condiciones se aplica la pieza (fig. 438') de modo que cabalgue, sobre la viga considerada en el sentido longitudinal, ó sea el *brochal* C, mientras que el hierro que se presenta por testa ó sea la viga *coja* D cabalgará sobre la mentada espiga y allí se concluirá de fijar con los tornillos *x*, *z*, con esta disposición el ensamble; aparece ya robusto y eficaz, con ese potente cuanto sencillo encadenado.

Cuando haya necesidad de que las dos vigas cabalguen la una sobre la otra como nos da de ello ejemplo la fig. 438''', entonces la disposición de la pieza auxiliar puede ser la que indica la fig. 438''; claro es que estas piezas auxiliares han de variar de dimensiones acomodándose á la escuadría de las vigas que hay que ensamblar.



# CAPÍTULO DÉCIMO

## Entramados verticales

**271.** Así como con los entramados horizontales, formamos los pisos ó suelos, así también con los entramados verticales podremos construir las paredes ó muros de los edificios, tanto interiores como exteriores. Un entramado vertical, es pues una combinación de piezas, formando una red, colocada cada una de ellas en dirección tal, y según el esfuerzo que tenga que soportar, así como todas juntas, teniendo sus ejes en un mismo plano vertical.

No entraremos á detallar, el modo de ser del entramado, ni tampoco á la definición de las distintas piezas que lo componen, semejante estudio, verdadera base de su construcción, lo suponemos ya hecho al tratar de este mismo asunto, en la parte del curso que se ocupa del *corte de maderas*, por lo que suponiéndolo ya hecho allí, daremos por conocidas todas las piezas, concretándonos tan sólo, á la descripción de los ensambles de hierro, más principales é importantes que se emplean en semejantes casos. Se parte pues de la hipótesis de construir un muro de fachada, de un edificio, empleando un entramado de hierro; y para ello sea en la lám. 25, la figura 488, que representa el dibujo de conjunto, considerando no más, dos pisos ó alturas del edificio; en este concepto se principia construyendo, un pequeño zócalo ó basamento A (es el llamado *citarón* en los entramados de madera que se construyen en Madrid), el cual recibe todo el peso de la fachada, al mismo tiempo que preserva á las piezas que forman el pie del entramado, de los inconvenientes que sobrevienen, de estar en directo contacto con el plan terreno.



Sobre el *citarón*, se dispone en seguida una vez bien aplanada la cara superior, un grueso hierro B plano y bastante ancho, sirviendo de plataforma (es la *solera* que se usa en los entramados de madera, la cual se fija bien, ya embebiéndola algún tanto en el grueso del zócalo; ya también disponiendo de trecho en trecho, algún grueso tornillo ó pasador, interesando al hierro é internado en el espesor del zócalo.

Ahora sobre esta plataforma, se asentarán directamente los pies derechos ó montantes C, recurriendo para ello á las ensambladuras, cuyo detalle es objeto de la fig. 488'; el montante ó pie derecho C, es en general un hierro de doble T, colocado verticalmente sobre la solera ó plataforma B, una potente escuadra D, reforzada en el ángulo por medio de un acuerdo curvilíneo, se encarga de fijar la pieza, auxiliada como es natural de los tornillos que se dibujan en dicho detalle; en cuanto al pasador E, es uno de los tornillos á que hemos hecho referencia al tratar de fijar la plataforma B, en el zócalo.

El pie derecho que forma el montante angular de esquina, ó sea el conocido por *cornijal* F, se construye más robusto que los demás pies derechos, siendo muchas las disposiciones que á este efecto se emplean, así en la fig. 488, esta pieza está compuesta de otras dos, una C igual á todos los otros pies derechos, y la otra F, de sección rectangular, enlazadas ambas por medio de pasadores; mas no hay duda ninguna que la figura 488' ofrece en detalle una disposición más racional y ventajosa en la construcción del pilar de ángulo, compónese de tres piezas; una en F que se halla colocada en la misma esquina, y la forma un hierro de ángulo, otra en C, que es un hierro de doble T igual á los montantes de la fachada en donde se halla, y otro C', también igual al anterior y situado en la fachada lateral; estas tres piezas, que en planta forman aproximadamente un cuadrado; se las unifica luego, con cinchos ó bridas interiores, enlazadas con tornillos con las almas de las dobles T y las ramas de la escuadra; de este modo resulta un fuerte y compacto pilar, lo mismo que si fuese formado de una sola pieza.

Sobre los pies derechos C, se tienden dos piezas horizontales de doble T en toda la longitud de la fachada; estas piezas convenientemente enlazadas y formando un solo conjunto, constituyen en G, la *carrera*, esto es una suerte de segunda solera, para recibir apoyando, los pies derechos del

piso primero; estos pies derechos están designados en el dibujo de conjunto por la letra H.

La fig. 488$^{III}$ demuestra el detalle del ensamble de dicha carrera con los pies derechos superiores é inferiores; en este concepto las vigas G, que constituyen la carrera, están sólidamente unidas formando un sólo cuerpo, con el auxilio de los tornillos pasadores ó pernos J; mientras que una eclisa ó gruesa plancha de hierro I, que pasa entre las piezas G, se encarga del enlace de los montantes superiores é inferiores, mediante los tornillos que la fijan en las respectivas almas de aquellos, á los cuales va superpuesta verticalmente. Resulta con ello, muy unificado el sistema formado por todas estas piezas G, C y H.

También puede emplearse la disposición de la fig. 488$^{IV}$ (alzado y corte), en ella, los montantes C y H, se terminan por medio de hierros en escuadra, cuyas ramas verticales se fijan con roblones á las almas de C y H, al paso que sus ramas ó brazos horizontales, se prestan á que por ellas se atraviesen pernos que enlazan entre sí dichos montantes, sustituyendo en este caso dichos pernos á las eclisas del caso anterior.

Otra solución del ensamble de que se trata es el de la figura 488$^{VI}$, en este caso se desea y las circunstancias exigen reforzar más los montantes ó pies derechos C, y con este motivo se componen de dos piezas gemelas C, de doble T, en lazadas con los pernos pasadores L (fig. 488$^{VI}$) (sección longitudinal), estos montantes reciben como antes la carrera formada por la acopladura de los otros dos hierros de doble T, cuales á su vez dan apoyo á los montantes del segundo alto, los cuales son iguales y en la misma prolongación de los mentados C (estos montantes del segundo alto, no están expresados en el dibujo, con el objeto de que pueda inspeccionarse mejor el detalle K que los enlaza). Ahora entre los montantes acoplados C, y aprovechando el espacio que entre sí los separa, se coloca una pieza K, de palastro, como formando un hierro compuesto de doble T, entrando en él un alma y cuatro escuadras de ángulo, tal como muestra la fig. 488$^{VII}$ resultado de la sección dada por el corte ó línea CD, la mentada pieza auxiliar, unifica con los tornillos de las escuadras, las almas de dichos dos montantes C, y al mismo tiempo prolongándose verticalmente á lo largo del hueco indicado, pasa también á unificar los dos montantes del segundo alto, valiéndose también de las mismas escuadras prolongadas hacia



arriba y de pernos ó tornillos análogos. La fig. 488$^{VIII}$, indica un corte transversal dado por la línea AB, y mirado hacia la parte inferior. Así se produce un atado perfecto entre los montantes del primero y segundo alto, así como el de estos con la carrera, viniendo á constituir un sólo conjunto cual estuviera formado de una sola pieza.

Las figs. 488$^{IX}$ y 488$^{X}$ nos dan una nueva variedad de esta clase de enlace, aquí los montantes acoplados C, se prolongan íntegros, para formar también parte de los pies derechos de segunda altura, cercenando con ello parte de las alas ó nervios de los dos hierros de doble T que forman la carrera G, resultando con semejante disposición, que estos últimos se hacen solidarios con dichos montantes, por medio de pequeñas cartelas N, y ya también con el auxilio de escuadras de ángulo, cuales á la vez sirven para el aguante de las vigas de suelo M, que apoyan en dicha carrera, y que en otras ocasiones se colocan directamente encima de la mentada correa

En este caso especial, se supone que el entramado de hierro, en lugar de descansar en el murete; zócalo, *citaron*, lo hace sobre una pieza tubular ó viga compuesta de dos piezas de doble T, formada de almas y de hierros de ángulo, todo de palastro, tal como indica la letra B.

Aquí como allí, se aplica sobre el zócalo de hierro, una plataforma ó plancha de hierro, en la cual se hacen fijos por medio de tornillos y hierros en escuadra, los pies derechos C.

En la fig. 488 de conjunto, se adopta otra disposición si cabe aún más sencilla para la carrera G, pero no resulta por cierto de mucho tan ventajosa como las anteriores, pues el hierro no trabaja en las circunstancias que le son más favorables. Consiste en componer la carrera, por medio de dos piezas de doble T, superpuestas de plano, descansando luego los montantes sobre las almas horizontales de dichas piezas G, á las cuales se les fija por medio de escuadras, conforme se ha hecho, en la plataforma que descansa sobre el zócalo, siendo por lo tanto una reproducción de lo que allí se hizo. Los extremos se consolidan con las cartelas O.

Pero no hay duda ninguna, que para los ensambles de esta naturaleza; la práctica ha demostrado que los más ventajosos y que por lo tanto reunen mejores propiedades son los debidos al ingenio del Arquitecto Mr. Liger.

Veamos la L.ª 18 figs. 439, 439′ 439″ y en ella veremos que la base principal del enlace, es una pieza constituyendo caja, y en forma de manguito A, en el interior del manguito entran las dos piezas de hierro de doble T, que forman la carrera (fig. 439′) fijándola luego por pernos pasadores, con las paredes de dicha pieza auxiliar que hemos llamado manguito; al mismo tiempo, este va armado así superior como inferiormente, de dos mandíbulas ó lengüetas B, entre las cuales encajan el pie derecho superior é inferior, compuesto cada uno de dos piezas acopladas, hierros doble T, quedando fijadas en estas lengüetas por medio de pernos pasadores; dicho se está pues, que cada alma de estas piezas, se ha de poner en contacto con la cara interior de su correspondiente lengüeta. Es de advertir ahora, que el manguito se construye en dos piezas ó mitades, tal como muestra la letra C, en donde aparece presentada la primera mitad ó sea su parte inferior, y así se colocan holgadamente, las dos piezas que forman la carrera, se fijan luego con el tornillo pasador, ya hecha esta operación, se procede, á colocar la segunda mitad superior del manguito, y en pos de este, el pie derecho del siguiente alto; la figura 439″′ es una proyección horizontal de este ensamble por demás original.

Las figs. $439^{a}$, $439^{b}$, $439^{c}$, es una variedad del sistema de Mr. Liger, y aquí el montante es un hierro *Zores*, lo cual obliga á modificar algún tanto el manguito, sustituyendo á las lengüetas del caso anterior, en unas semicajas de paredes convergentes, y en forma de letra V, á propósito para que ellas puedan entrar, y ser aprisionados los montantes, cuya sección recta llevan la misma forma *Zores*. Examinando detalladamente estos ensambles de Mr. Liger, se infiere que con ellos se consigue una gran estabilidad, en primer lugar por la índole misma de las uniones, cuales dependen de la caja, que verdaderamente aprisionan, sin que por otra parte debiliten á las piezas; luego porque por el grosor relativo de los pies derechos y carreras, formadas por hierros especiales y compuestos, como en su enlace mutuo con manguitos, se eluden los inconvenientes debidos á las dimensiones relativamente desproporcionadas, de que vienen revestidos los hierros simples, *formes gréles*, como llaman los franceses, esto es, aquellas en que una de sus dimensiones, es sumamente desproporcionada por lo reducida, al compararla con otra del mismo cuerpo.



Algunas veces los pies derechos ó montantes, se construyen de fundición, pero en esto nada de particular producirá en el ensamble de que acabamos de tratar; sin embargo, como quiera que la fundición permite adoptar gran variedad de formas, cuya aplicación no se avendrían con la del hierro laminado, de aquí que en este caso, (figs. $439^{\alpha}$, $439^{\beta}$, $439^{\gamma}$, $439^{\delta}$) el manguito si bien conservará su forma de caja, para que en ella ingresen las piezas de solera; en cambio, variará algún tanto en la parte exterior, pues que cada una de sus mitades, irá invariablemente unida con el pie derecho, que sobre ella descansaba, así el pie derecho y semicaja ó semimanguito vendrán fundidos en una sola pieza. Se comprende ahora, que el entramado construído con pies derechos de fundición, se presta mas que el construído con pies derechos de simple hierro, pues con el primero, para la combinación que tenga lugar, se acusa mejor y de una manera ostensible, al metal hácia al exterior.

Al objeto de colocar algunas puertas ó ventanas en alguno de los compartimientos, en que queda dividida la fachada, se colocan entre dos montantes C, (L.ª 25, F.ª 488) espaceados del ancho que haya de tener la abertura, un hierro horizontal P, que regularmente se le da la forma de doble T, viniendo precisamente á colocarse horizontal el alma de dicha pieza, su ensamble con las dos jambas montantes, es sencillísimo (figura $488^{XII}$) pues una simple escuadra R fijará en cada uno de los ángulos superiores de la abertura, las piezas verticales C; con la horizontal P, pues una de sus ramas irá roblonada con el alma del montante, y la otra con el alma del dintel P. Otro ejemplo de esta clase de ensamble, nos ofrece la fig. $488^{XIII}$, aquí las escuadras de ensamble, se colocan de modo que sus brazos verticales se sitúen hácia la parte superior del dintel; al objeto de que no puedan entorpecer el movimiento de las hojas de la puerta ó ventana; también en la propia figura, se indica el detalle, del enlace de dos montantes vecinos, con auxilio del tirante Q, recurriendo á un largo perno con cuatro cabezas de tornillo, estos tirantes van colocados en el espesor del forjado ú obra de ladrillo de relleno, que cierra por completo los cuarteles que van formando cada dos montantes.

Por lo regular (fig. $488^{XI}$), se colocan en las partes laterales de los montantes que han de contener una abertura, unas jambas de madera S, provistas de su correspondiente moche-

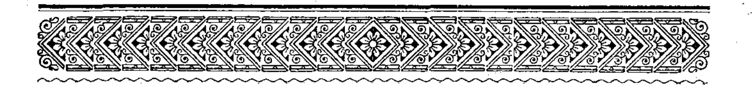
ta, la cual facilita la colocación y fija perfectamente las hojas de dichas aberturas.

En la fig. 488$^{XIV}$ se demuestra el ensamble, en el caso en que haya la necesidad, de cruzarse dos carreras, la una cabalgando sobre la otra llevando la superior, el montante acostumbrado, no ofrece nada de particular este enlace, siemples hierros de ángulo cumplen con el objeto propuesto.

La fig. 488$^{XV}$, muestra la disposición de los enlaces, para cuando, dos lienzos de muro se encuentren, formando un ángulo cualquiera, por ejemplo, según la diagonal *a b*, entonces, próximo á dicho ángulo, pueden colocarse, los montantes de doble T, cuales, apoyarán, las soleras, compuestas cada una, de dos vigas de doble T, que vienen expresadas por G G′ y Q-Q′, y luego sobre éstas, y al mismo plano ó vertical de aquellos montantes, se dispondrán los otros C y C′ correspondientes al piso superior; estos también siendo piezas de doble T. Ahora las escuadras y tornillos se encargarán, de hacer inamovibles entre sí, todas estas piezas.

Es por demás excusado, entrar en detalles sobre la conveniencia de cubrir todos estos hierros, que están destinados á fachadas, y por consiguiente á la exposición de la humedad, con un buen baño de color al óleo, que les preserve de la herrumbre, la cual concluiría por destruirlos.





# CAPÍTULO UNDÉCIMO

## Entramados inclinados

272. **Preliminares é ideas generales.**—Esta clase de entramados, tienen por objeto, la construcción de armazones, que sirven de apoyo á las cubiertas de los edificios.

Como quiera que estos últimos, pueden tener gran número de formas, y según sea el contorno que los limita, así será dependiente de ellas, la que concierne á su respectiva cubierta, de aquí, se infiere, que la forma de las cubiertas ha de ser sumamente varia, y de aquí que según ella, sea distinta y más ó menos complicada la disposición de las piezas que vayan á formar parte de las mismas.

No entraremos á detallar aquí, las clases de armaduras que puedan construirse, así como su nomenclatura, y exposición de sus distintos detalles; lo supondremos ya visto y pasado en revista al estudiar las armaduras de madera, en la parte del curso que es, cuando se ocupa de la Estereotomía de la madera, por lo tanto, nos ocuparemos tan sólo, de los cortes y enlaces á que se presta el hierro, en semejantes construcciones.

Sólo si, dejaremos consignado, que según sea la estructura y forma del edificio; su cubierta y piezas de la armadura, pueden ser planas ó curvas; pudiendo caber en dicha cubierta, una, dos, tres, etc., ó más pendientes, correspondiendo cada una de ellas á una superficie. De todas maneras, el armazón ó armadura que sostiene la cubierta propiamente dicha, tiene por base principal, las piezas compuestas llamadas *Cuchillos*; y ellas desempeñan en las cubiertas, el mismo papel ó servicio que las simples vigas, en los pisos ó entramados horizon-

tales; vienen con ello en realidad á constituir en esencia, una suerte de vigas armadas, cuya osatura depende, del espacio que hay que salvar, así como del contorno que tienen que cubrir, y del clima en donde se levantan, pues según este, la inclinación que afectan las cubiertas en su contorno, vendrá más ó menos acentuada.

De lo dicho se infiere, que nos concretaremos principalmente, á las uniones de las piezas que entran en la combinación de un cuchillo, sin excluir por ello, los enlaces más corrientes, entre los cuchillos, con las piezas que sostienen, como son, las correas, cabios, hilera etc., etc.

En *abcd*, (L.ª 26, fig. 489 y 489'), se supone ser la planta rectangular que hay que cubrir, la longitud *bc*, se supone subdividida en otras parciales *eh*, *hg*, *gf*, etc., iguales cada una de 5 á 6$^m$ en su luz; ahora las rectas paralelas *hh'*, *gg'*, *ff'*, etc., indicarán los ejes de los cuchillos de armadura, sobre los cuales apoyarán las correas *mn*, *pq*, *rs*, etc., y estas á su vez sostendrán los cabios 1, 2, 3, etc., quienes apoyarán definitivamente la cubierta. Ahora la armadura puede terminar simplemente en la línea *dc*, ACB, en cuyo caso pueden ocurrir dos casos, esto es: 1.º que la línea *dc* esté cerrada por un muro que termine en la parte superior por la pendiente quebrada ACB, en cuyo caso, el muro se llama *muro piñon*, y está encargado de sostener las extremidades de las correas; ó 2.º, que la línea *cd*, esté completamente abierta; esto es, que no exista en esta línea muro de recinto, y entonces, en dicha línea *cd* existirá también un cuchillo análogo á los siguientes.

Otras veces, aunque el muro *ab* continuase cercando el recinto, no se le quiere terminar superiormente en ángulo, y si, en una horizontal, y en este caso, se termina á la cubierta, por esta parte, por medio del llamado *peto*, ó *copete*, esto es el plano *abo*, de forma triangular, é inclinado al horizonte, aunque su pendiente se hace de modo generalmente, que obedezca á un número de grados mayor (para con respecto al ángulo que forme con el plano horizontal), que la de los faldones de tendido ó longitudinales. Semejante disposición hace que se acumulen en el punto O, una serie de piezas, cuyo enlace, origina una de las cuestiones más importantes, dentro el terreno de la Estereotomía y muy principalmente cuando se trata del material leñoso, el cual con su mayor escuadría comparada con la del hierro, permite echar mano



de disposiciones y cortes tales, que las piezas reunidas en el mismo sitio de la bifurcación, se compenetran de tal modo, á formar un sólo cuerpo, sin que exista la menor solución de continuidad, dentro la masa del mismo.

**273. Cuchillos.**—*A una sola pendiente á una agua.*—Tomando en consideración los más sencillos, ellos se emplean para cubrir espacios de relativa poca importancia, esto es, en las construcciones llamadas simplemente *cobertizos*, cuales vienen cubiertos por un sólo tendido ó faldon; haciendo uso por lo tanto de los cuchillos más elementales, por los cuales empezaremos pasando en revista la serie de enlaces, relativos y más frecuentemente empleados en las armaduras

La fig. 490, nos ofrece un corte transversal de dicho armazón, que constituye el cuchillo con su cubierta, y puede clasificarse dentro la agrupación de los de *simple par y tirante;* los pares A, son hierros de doble T, de 16 centímetros de altura (puesto que se supone ser de 5$^m$, la luz ó ancho del espacio que hay que cubrir, ó separación de las dos paredes M y M'). El asiento del par sobre los muros, se efectúa empotrando directamente la pieza A, en el M', á la vez que fijando en el extremo del par, una faja de hierro B, terminada en un anillo C, el cual permite el paso de un travesaño vertical, cuyo viene adaptado y presionando al paramento exterior del muro M', de este modo, semejante disposición, forma como una áncora, que retiene fuertemente á dicho par, haciéndolo solidario con el muro M'. En cuanto á la parte inferior del par, este descansa sobre el muro M' y aprisionado por dos piezas gemelas, formadas con dos hierros en escuadra, cortados hacia la parte superior en la dirección de la pendiente; ahora dos tornillos pasadores, fijarán invariablemente á dicho par, con esas piezas gemelas, al paso que otros tornillos E, uno á cada lado del par, y empotrados en el mismo muro, fijarán en él, los brazos horizontales de los cepos gemelos, asegurando así todo el sistema.

Cuando las circunstancias lo reclamen, y se quiera garantir la inamovilidad del muro M, convendrá introducir el tirante T, el cual podrá ir empotrado hacia una parte en el muro M', valiéndonos del mismo procedimiento del anclage C, y en cuanto hácia su otro extremo, irá ensamblado con el par, recurriendo al ensamble, que en detalle se expresan en la fig. 490'; este se compone de dos piezas gemelas F, F', con ensanche circular en sus extremos, á fin de que puedan

aprisionar dos de ellos los I, I' al par, y los otros dos G, G', al tirante H, valiéndose para ello de fuertes tornillos pasadores; así se forma un ensamble á horquilla, que produce muy buenos resultados, neutralizando perfectamente el empuje que podrían producir los pares; este tirante lo puede formar una varilla cilíndrica de unos 18 milímetros de diámetro, y que tenga ensanche plano suficiente en su extremo K, al objeto de que por él puedan atravesar los tornillos pasadores G.

La fig. 490'' detalla el ensamble de las correas L, con el par A, son las correas aquí, piezas de doble T, de 14 centímetros de altura, verificándose el enlace, por medio de hierros de ángulo *a*, fijados con tornillos. También se muestra en el mismo dibujo, el ensamble de los cabrios Q, con las correas T, estos cabrios son simples hierros de T sencilla, de los que ordinariamente proporcionan los talleres, se les asienta directamente sobre el platillo de la correa, á cuyo efecto, y al objeto de facilitarles el paso para el debido asiento, se les corta parte del alma desde *c* á *d*, como entalladura lo indispensable para que el platillo del cabrio, descanse sobre el platillo de la correa, hecho esto, pequeños tornillos, atraviesan los dos platillos, y fijan en definitiva las dos piezas, cortando con ello toda suerte de resbalamiento de los cabrios sobre las correas.

Este mismo ensamble está reproducido independiente, para hacerlo más inteligible en la otra (fig. 490'''), en donde se representan tan sólo la correa L, y el cabrio ó contrapar Q.

Dado por supuesto, que haya de componerse la cubierta de Tejas, entonces convendría, introducir las *latas*, las cuales van apoyadas sobre los contrapares, y corriendo por lo tanto en la dirección misma de los cabrios, aquí, estas latas, son hierros en escuadra, marcados en R; son de pequeñas dimensiones; de 25 á 30 milímetros, é iguales en sus dos alas ó brazos, separados entre sí, de unos 34 centímetros de eje á eje, y hechos fijos por medio de tornillos que penetran en el platillo superior de los parecillos ó cabrios.

274. Tipo de cuchillo.—*Pares, pendolón y tirante.* —La armadura aquí es á dos aguas, conforme al tipo de que hemos hablado (fig. 489) al hacernos cargo de las piezas de conjunto que entraban á formar parte de dicha armazón, viene en rigor como á cuestión de forma á ser este cuchillo la



reproducción por duplicado del sistema anterior de una sola pendiente, reproduciéndose aquí aquel, á derecha é izquierda del eje de simetría, por cuyo pasa el pendolón. Así como el cuchillo en cuestión lo componen dos pares AC BC inclinados igualmente y en contacto empujándose, por sus extremos superiores C, mientras que en su parte inferior A y B, están retenidos por un tirante A' B', por medio del cual, el empuje que aquellos producen sobre el muro, se traduce en una presión vertical sobre el mismo; y por último, la varilla vertical, esto es el *pendolón* CD, generalmente cilíndrico, cuya misión es recoger el tirante A' B', impidiendo su flexión.

Cuando la armadura tiene poca importancia, y la luz que hay que salvar es pequeña, entonces para las piezas de los pares, pueden emplearse hierros planos, los que en su sección recta, pueden tener de grueso el quinto de su ancho, pero ya en toda otra circunstancia los pares los constituyen hierros de doble T.

Ensambles de detalle: Estos son en número de siete considerados en su mayor importancia, y que á continuación se expresan.

a) *El pendolón con los pares.*—(Fig. 489').—Los pares vienen enlazados por dos planchas de hierro XZ, una anterior, y otra posterior, superpuestas en el alma de la doble T, insiguiendo ellas, por lo tanto la inclinación de dichos pares, ellas van fijas formando cuerpo con los mismos pares, por medio de tornillos pasadores. Así enlazados los pares, vienen á ser recibidos por la cabeza del pendolón P, cuya consiste en una pieza de fundición con suficiente ensanche, llevando en su parte superior, dos planos inclinados en sentido opuesto y de igual inclinación que llevan los pares, á fin de que cada uno de estos, pueda descansar sobre dicha cabeza, además, conforme muestra el detalle (fig 489''), dicha cabeza, termina en su parte inferior por una horquilla, dentro de la cual entra el extremo superior de la varilla del pendolón, la cual se dispone también con algún ensanche en dicho extremo, á fin de que quede enteriza, al remachar el pasador ó atornillar el tornillo que se ha de encargar de hacerla fija con dicha cabeza. Esta varilla es de hierro dulce, toda vez que ha de trabajar por tracción.

b) *Los pares con la hilera.*—En la misma (fig. 489'' y además en la 489''') que representa una proyección lateral, está representado el ensamble de dichas piezas. Dos contra-

planchas *ab*, *dc*, formando cada una escuadra en el ángulo diedro, pero uno de sus brazos aunque horizontal, el otro lleva la inclinación de los pares, empleando luego pernos ó tornillos para prender con ellos el alma del par hácia un lado, y el alma de la hilera H, hácia el otro.

c) *El pendolón con el tirante.*—(Fig. 489$^{IV}$).—En este ensamble se considera, al tirante dividido en dos mitades *c* y *d*, con el objeto de facilitar la puesta en junta; cada una de estas partes, es cilíndrica y va armada en un extremo; esto es, aquel por el cual se ha de llevar á cabo el empalme; por medio de una espiga trabajada en rosca, la cual se introduce en la tuerca destinada á recibirla, cual la lleva establecida el bastidor rectangular B, lo suficiente hueco en su interno, con el fin de poder colocar holgadamente las cabezas *a* y *b*, en los salientes con que aparezcan las espigas, en el anillo de dicho bastidor. Con tamaña disposición, es muy conveniente templar el tirante; con ello se regula la tensión de estos tirantes, y por la disposición en que están colocados y obran las dos mitades del tirante total, se comprende ya de momento, como las tuercas abiertas en cada uno de los lados de dicho bastidor, han de ser fileteadas en sentido contrario; ahora todo movimiento de rotación del templador, aproximará ó alejará las dos mitades empalmadas del tirante, permitiendo con ello, aumentar ó disminuir la tensión. El pendolón desciende verticalmente y pasa por el hueco del bastidor, sujetándose por debajo con un perno ó con una tuerca que se fija á su extremidad; otras veces se cambia el perno por una clavija pasante, fuertemente remachada en las caras paramentales del templador.

Otro ejemplo de ensamble entre pendolón y tirante muestra la fig. 489$^{V}$ y compónese de dos gruesas chapas gemelas A y A′, entre las cuales entran á enceparse por sus extremos, las dos mitades del tirante B y B′, así como el pendolón C, por cuyo motivo, se forjan estas tres últimas piezas de modo á que terminen en sus extremos del enlace, por medio de un ensanche suficiente, para que puedan recibir los pasadores ó tornillos D, D′ y D″, los cuales, bien presionados por sus cabezas, harán invariable al sistema.

d) *El tirante con los pares.*—El tirante en su extremo ingresa (fig. 489$^{VI}$) entre dos piezas gemelas G, G′ formando horquilla y terminadas por ensanches circulares, cuales permiten la introducción de pernos pasadores, los que permiten á



la horquilla que haga presa con sus quijadas, al alma del par, para luego hacerla fija con él, una vez fuertemente remachados. La parte opuesta de esta horquilla, está taladrada en tuerca, la cual recibirá el fileteado del extremo del tirante, cual pasando su cabeza en el interior de dicha horquilla, podrá cubrirse luego y hacerse fuerte con el auxilio de la cabeza del tornillo.

e) *Asiento de los pares sobre el muro.*—Son varias las disposiciones que pueden adoptarse, una de ellas es la de la fig. 489$^{VII}$ y consiste en establecer un asiento directo sobre una plancha de palastro B, doblemente acodada, cogiendo entre sus ramas verticales y colocadas hacia abajo, todo el grueso del muro de apoyo; esta placa tiene como unos 20 milímetros de grueso, ahora sobre su parte horizontal se fijan por medio de los tornillos D, D, etc., otros dos hierros en escuadra, también formados por palastro del mismo grueso que el anterior; y cuya separación de dicho hierro gemelo C, sea la suficiente, para que su espacio pueda dejar paso, al par A, á quien han de aprisionar, con el auxilio de las contraplacas de forro E, que suplen con su grueso el hueco dejado, en virtud del vuelo de los platillos de la doble T, del par A; vienen luego los tornillos F, y ellos se encargan de hacer solidario el sistema, atravesando las placas C, los forros E y el par A. Se ha de tener en cuenta, que las placas de forro E, conviene prolongarlas lo suficiente, para que en ellas pueda hacer presa la horquilla del tirante G, pues así, queda más reforzado el par, y da más garantía de solidez al trabajar el tirante, cual no es fácil ahora que tienda en su trabajo al desgarro del alma de dicho par. Para la mejor comprensión de este detalle, inspecciónese la proyección lateral ó de testa, que se ha dibujado á un lado de la fig. 489$^{VII}$, viniendo señaladas con las mismas letras cada una de las partes, en las cuales se descubren las piezas suplementarias del forro, por sus testas y como aprisionan la doble T, del par.

Ofrece la fig. 491 otro ejemplo del asiento de los pares sobre el muro, aquí se verifica por medio de una pieza de fundición B, especie de *cojinete*, ahuecado en parte en su interior lo suficiente, para que en esta que podríamos considerar como á caja, entre bien ajustado el extremo del par A, verificándose dicho ajuste por medio de planchas supletorias de palastro que suplen los huecos laterales, que median entre los costados del alma del par, y las paredes interiores

de la caja de fundición; en este cojinete va prendida la horquilla del tirante C, echando mano de un fuerte perno pasador. El cojinete descansa sobre el muro, por medio de la plataforma D, la cual se fija en el grueso de aquel por medio de gruesos tornillos.

También la fig. 492, es otro ejemplo de cojinete de fundición; á propósito para recibir al par A; aquí el cojinete es de mayores dimensiones, pues se quiere que en sus partes laterales, lleve ensamblada la correa E, que le corresponda por la distribución que de estas últimas se hayan hecho, á lo largo del par; como siempre, las escuadras y tornillos se encargarán de hacer solidaria la correa con el mentado cojinete.

f). *Ensamble de correas con el par ó pares.*—Son muy variadas estas clases de ensamblajes, toda vez que según sea la mayor ó menor importancia del cuchillo de armadura, así también las dimensiones y forma de las correas experimentan cambios, así como también en la disposición de las mismas para con respecto á dichos pares; y del mismo modo la separación que entre dichas correas media, la cual fluctúa desde $1^{m}$'50 á $2^{m}$'50 de eje á eje, según sea su clase y la carga que hayan de soportar; más de todos modos.

Uno de los ensambles más corrientes de la correa B, con el par A, es el que muestra la fig. 493, vista de frente y lateralmente; su disposición es análoga á la que ya hemos visto en la 490"; esto es, la correa B, está ensamblada con el alma del par A, por medio de hierros en escuadra C, encontrándose perpendicularmente B con A; y de tal modo, que la colocación de B es tal, que los platillos de la B, siguen la misma inclinación que la pendiente general del par A.

No sucede así en la disposición de la fig. 494, en donde la correa B, es tal que se situa horizontal, esto es viniendo su alma á colocarse verticalmente, y por lo tanto, también se encuentran verticales las ramas ó brazos de las escuadras C, por medio de las cuales tiene lugar el enlace.

Cuando el sistema de construcción, responde á una cubierta sencilla y de relativa poca importancia, suelen aprovecharse para las correas, simples hierros planos, conforme indica la fig. 495, en donde la correa B, está representada por su testa en el pequeño rectángulo, proyección de toda dicha correa sobre el par A, que aquí es un hierro de simple T, y al cual la primera encuentra normalmente, descansando



sobre las alas de la T de dicho par, aunque sujetada á la vez, por la escuadra C, armada de tornillos.

Otras veces como en la fig. 496, es un hierro en escuadra, la forma de la correa, la cual cortando normalmente al par, encaja entre las alas de este último, viniendo en contacto el extremo del brazo superior de la correa, con la parte inferior del platillo del par, que aquí es de sección de doble T, fijando definitivamente el enlace, los hierros escuadras C, auxiliados con sus tornillos.

También pueden combinarse á este objeto dos hierros de T, sencilla, como en la fig. 497, en donde A es el par, B es la correa y C, las escuadras con sus tornillos que hacen solidarias las dos piezas al enlazarse.

Más no siempre se recurre á la disposición del enlace de la correa con el par, de modo que aquella encuentre al último en la pared lateral de su alma, pues hay circunstancias que conviene más, hacer que la correa se asiente directamente sobre el platillo superior del par, y en este concepto las figs. 500, 501, 502, presentan ejemplos de tamaña disposición, en los cuales pueden recurrirse á dos escuadras de enlace C, con sus respectivos tornillos como en la fig. 500, y también con una sola como en la fig. 501, aunque recurriendo á un pequeño hierro supletorio, interpuesto entre el platillo de la pieza A y el brazo inferior de la escuadra C, reforzando con ello, al nervio de la pieza A, á la par que aumentando la extensión del contacto de la pieza C, con la B. Otras veces como en la fig. 502, á la escuadra C se le dá un refuerzo lateral que asegura más, la consistencia de los brazos de la escuadra, al mismo tiempo que se la termina inferiormente por una pequeña curva, dejando una vez puesta en junta, un pequeño hueco, á fin de que no se haya de retocar al brazo de la C, para que entre en junta al contacto del platillo inferior de la B, como sucedia en la fig. 500. De todos modos, siempre, los tornillos, vienen á consolidar las piezas que se enlazan. En este caso especial de escuadra, esta es una pieza de fundición, hecha á propósito, y de las que se encuentran en los almacenes de hierros del comercio.

La fig. 503, nos ofrece un ensamble del par A de forma de doble T, con la correa C de simple T, esta, encima de aquel y ambas directas, esto es, colocadas en la disposición misma en que se lee una letra de forma de aquellas; esto hace que; para que la correa pueda tener el debido apoyo, se re-

curra á una pieza auxiliar y especial, cual es la representada en la fig. 503', compuesta de una gruesa plancha C, acodada curvilineamente en su extremidad, para que pueda coger como gancho una de las alas del par; mientras que por la parte superior, va armada de dos puas D, D, formando horquilla, en donde penetra el alma de la correa, para luego prenderla con un tornillo pasador.

Otro ejemplo ofrece de ensamble de esta clase la figura 504; la correa B, es aquí un hierro en escuadra, apoyado sobre el platillo del par A, por el extremo de uno de los brazos de la escuadra, más para que tenga en semejante posición debido apoyo, se le encaja en una cantonera D. (Fig. 504'), de modo que uno de los brazos de dicha cantonera coincida de plano con el platillo superior del par; al mismo tiempo que la otra rama de la cantonera, se superponga con la rama vertical de la escuadra; de manera que así *casados*, el cabio y la cantonera vienen á formar juntos y en sección recta, una como letra U, inclinada al horizonte. Los pernos ó tornillos que se notan en estas figuras, completan el ensamblaje para su debido afianzamiento.

También la fig. 505, presenta una solución muy ventajosa de esta clase de ensambles; aquí la correa B, se compone de dos piezas en escuadra, las cuales colocándose en contacto, en dos de sus brazos vienen á formar en conjunto la forma de una letra Z; ahora la línea de base de esta Z, descansa sobre los pares y la línea de cabeza, sirve de apoyo á la cabios D, cuales son también hierros en ángulo recto; los pernos y tornillos que se muestran en la figura, fijan definitivamente el sistema. En la fig. 505', consta también una vista lateral.

g) *Ensambles de las correas con los cabios.*—Ya en las figs. 490'' y 490''' se ha visto un ejemplo de enlace de esta clase, más aquí ha habido precisión, por las circunstancias locales, de que el cabio, no sobresaliera de la parte superior del par, y eso á llevado consigo, el que desgajáramos, parte del alma de la T simple del cabio, para que así pudiera sustentarse un platillo, sobre el platillo superior del par, más gran número de veces el cabio se coloca sobre la misma correa; así la fig. 498; el par A, es una pieza de simple T, también lo es la correa B, cual se asienta invertida sobre dicho par, haciendo con ella el descanso con su platillo, cual viene fija, con el platillo del par por medio de roblones; y finalmen-



te también es un hierro de simple T, el cabio D, el cual colocado invertido, y en el sentido de la pendiente del par; viene apoyándose sobre el canto de la pierna invertida de la correa B, á cuyo efecto y para que el apoyo sea más eficaz, se coloca adherido á la pieza B, un pequeño trozo de madera E, por medio de un tornillo; y éste ofrece más apoyo aún al mencionado cabio D.

En la fig. 499. La correa también de forma de simple T, se encuentra directa, necesitando con ello dos cantoneras, para que quede fijada en el par por medio de los acostumbrados tornillos; más como aquí el cabio puede descansar sobre el nervio de la correa B. de aquí que no necesita la pieza supletoria de madera E, de la figura anterior; más de todos modos necesita emplear una pequeña placa de hierro *m*, sujetada con tornillos en el nervio del cabio D y que prenda en la parte inferior de la ala de la correa B, de este modo queda fijado el cabio con la correa, quedando aquel inamovible.

Los cabios pueden ser también simples hierros de ángulo, conforme muestran sus ensambles las figuras más antes indicadas en los números 504 y 505.

**275. Tipo de cuchillos con tornapuntas.**—Cuando la luz, que hay que salvar es algún tanto considerable, se recurre á los sistemas articulados y uno de tantos es aquel en que se emplean tornapuntas y péndolas combinadas, cuyo objeto principal es aliviar en distintos puntos al trabajo del par á la vez que las segundas piezas favorecen la resistencia del tirante, cuyo obra sobre él, más tensión, á medida que se separan más y más los puntos de arranque. Este tipo de cuchillo, puede á su vez dividirse en dos agrupaciones, la primera es cuando los tornapuntas trabajan oblicuamente á los pares, y la segunda cuando lo hacen normalmente; las primeras fueron construidas por primera vez en Inglaterra y Alemania, y dentro la agrupación de las segundas, cabe la disposición llamada sistema Polonceau, por ser este su autor.

Fijándonos ahora tan sólo en la primera agrupación, resulta que dichos cuchillos se componen; (fig. 507, L.ª 27), 1.º de los pares AB, que vienen formados de muy distintas maneras según sea el esfuerzo á que estén sujetos, así los hay cuya sección son simplemente dos hierros en escuadra, otros en que estas escuadras vienen sujetando una gruesa hoja de palastro, formando así una vigueta de T sencilla; otros que vienen constituídos por dos hierros en U, otros en una viga

de doble T, llena ó maciza, y finalmente casos hay, cuando la resistencia es mucha, en que son verdaderas vigas armadas, sistema de celosía. 2.° De un tirante BC, regularmente dispuesto formando flecha como en la fig. 507; no excluye pues este caso el que se quiera disponer dicho tirante; horizontal, como lo sería el BC; dibujado de trazos; este tirante suele tener por sección recta, dos hierros en escuadra, dos hierros en U, escuadras y alma de palastro formando vigueta de doble T, y finalmente pueden ser barras cilíndricas como el caso del ejemplo que presentamos en la fig. 507, en cuyo caso dicho tirante se compone de varios trechos, siendo sus puntos de empalme de esos distintos trechos, otros tantos de articulación en que concurren las péndolas y tornapuntas. 3.° De una serie de tornapuntas E, dos, cuatro, seis etc., siempre de número par, cuales vienen constituídas por hierros en escuadra, hierros de simple T, ó de doble T. y 4.° finalmente de las péndolas F, F', F'' etc., que pueden ser simples hierros planos cuando no tengan mucha longitud, ó hierros en U, cuando hayan de ser muy rígidos; también se suelen emplear para estas péndolas, varillas cilíndricas como se hace en la figura 507. Veamos pues ahora la osatura y los detalles de ensamble del cuchillo dibujado en dicha figura.

Este cuchillo está constituído por el sistema inglés, y es de los clasificados á diez tornapuntas y diez tirantes, con él pueden, cubrirse grandes espacios, poniendo sólo á contribución hierros usuales de los que ordinariamente proporciona el comercio corriente de las transacciones de semejante industria; esto es, sin necesidad de acudir á vigas compuestas, obteniendo sin embargo cuchillos de gran resistencia, sin que por ello, el peso que resulte por metro cuadrado de cubierta, sea relativamente exagerado, y aún hasta cierto punto resulte el menor posible atención hecha al gran espacio que se cubre.

El tirante en este caso, no es horizontal, está algo peraltado hacia al centro, en una relación de $\frac{1}{30}$ de la luz de la armadura.

Los cuchillos están separados entre sí, de 6 metros de eje á eje; y con respecto á su composición aunque la fig. 507, claramente la indica, entraremos sin embargo en alguna ligera explicación. Los pares aquí están formados, cada uno, por dos hierros en escuadra de brazos desiguales, y separados



entre sí, de 15 milímetros y el grueso medio es de 13 milímetros; así pues, estará expresada, según la práctica; en $\frac{90 \times 60}{13}$ cuyos números indican milímetros; la fig. 507' indica la sección recta de uno de los pares, tal como lo hemos definido; ahora en estos pares vienen á fijarse las correas, G, G', G'', etc., que han de sostener la cubierta, correspondiendo á cada una de ellas, su correspondiente tornapunta E, E', E'', etc., el cual parte desde el par y próximo debajo la correa, semejantes tornapuntas vienen á auxiliar á dichos pares, haciendo rígidos é inamovibles, los puntos de apoyo, en virtud de la tensión de los tirantes.

En los puntos H, H', H'', etc., de enlace de dichas tornapuntas con el tirante, se bifurcan con ellos las péndolas F, F', F'', etc., cuya misión, tienen el de trasmitir una porción de la carga, de una á otra de dichas piezas.

La armadura total está rematada por una claraboya ó linterna de $10^{m}$'10 de abertura horizontal, dejando libre un vacío de $0^{m}$'80, entre la parte superior del par, y la parte inferior de los cristales que forman techo, semejante cuerpo suplementario, está sostenido mediante hierros cruciformes sujetados á los pares, y partiendo precisamente de los puntos en donde haya correa. En cuanto á la unificación de todo este sistema de cuchillos, tienen lugar por medio de tirantes horizontales, que enlazan las partes inferiores de las tornapuntas, así como también valiéndose como ataduras de piezas en Cruz de San Andrés, y formadas de dos hierros en escuadra, cuales piezas van fijadas á los pares.

Conocido brevemente el conjunto, pasemos ahora á los detalles de ensamblaje objeto principal de nuestro asunto.

*Ensamble del Pendolón con los pares, hilera y piezas de la linterna.*—Este enlace viene representado en la figura 507'', con una proyección vertical y otra horizontal; los pares P y P', vienen enlazados en su parte culminante, por dos extensas planchas de hierro Q, colocadas, una anterior y otra posteriormente de las caras verticales de dichos pares; cada una de estas planchas, está formada por dos brazos rectos de una altura igual al alma de los pares, con los cuales se superponen adaptándose perfectamente á ellos; y luego de un ensanche terminado en línea curva hácia la parte inferior; así es que el espacio intermedio entre estas dos planchas y en la parte referida á estos ensanches; se aprovecha para

colocar la cabeza S, del pendolón, cuya cabeza, también formada de un ensanche, se fija á aquellas planchas por medio de tornillos de rotación, tal como pueden verse en la figura antedicha; este pendolón es una barra cilíndrica de 34 milímetros de diámetro, y de $4^{m}$'665 de altura, y sujeto á soportar un esfuerzo de 7200 kilos; siendo la fig. $507^{IX}$, en F su sección transversal; en la misma fig. $507^{IX}$, se representa en $F^{V}$ la sección recta de la péndola de menor grueso.

La hilera, lo propio que las correas, están ensambladas con los pares, partiendo en parte de la misma alma ó rama vertical de aquellos, á fin de no aumentar altura á la cubierta, y el medio de enlace, son las cubrejuntas V dobladas en escuadra, las cuales se hacen fijas por medio de los tornillos, 1,2, 3, etc., ya sea prendiendo á las ramas verticales de los pares ya sea en el mismo nervio de la hilera Z, la cual viene formada por una vigueta de doble T, de 120 milímetros de altura por 5 de grueso. Por último, á todas estas piezas, forma hasta cierto punto cuerpo con ellas, el montante I, de la linterna, el cual es de figura cruciforme, y se le fija, ensamblando los brazos laterales, en el hueco que dejan entre sí los pares, en el punto culminante, á cuyo efecto, se hacen aquellos de modo, que vayan comprendidos en gruesas planchas de palastro $a$ $a'$ $a''$ $a'''$, de modo que de estas, habrá cuatro, las cuales internarán en el espacio antedicho echando mano de los tornillos pasadores $\alpha$, $\alpha'$ $\alpha''$, $\alpha'''$, así como los que están también colocados en las planchas ó cubrejuntas V, ya antes mencionadas cuales, fijarán definitivamente haciendo así inamovible dicho montante I.

*Ensamble de las correas con los pares.*—Ya más antes se ha indicado que las correas son hierros de doble T, y que van fijados por medio de escuadras á las partes laterales de los pares, y así no aumentamos altura á la armadura. Ahora pues añadiremos, que estas escuadras son hierros de un espesor de 7 milímetros y de una altura de 77 milímetros; en cuanto á las dimensiones de las correas pueden expresarse por $\frac{120 \times 45}{5}$, pero referente á sus longitudes varían según las funciones que hayan de desempeñar, ó sitio donde sitúen. La posición de las correas en esta clase de cuchillos, depende de la inclinación de las tornapuntas, y no vienen situadas equidistantes entre sí. Conviene que las correas, tales como las de la hilera en donde se coloca encima un montante de la linterna, vengan reforzadas por dos placas de palastro de 10 milímetros grueso y 3 metros de longitud, así como por otros dos, de espesor, también 10 milímetros, por una longitud de $1^{m}$'50 véase la fig. 507 que indica la sección recta de esta acopladura. En cuanto al medio de ensamblaje de la correa con el par, lo indica la fig. $507^{IV}$ en conformidad á la explicación que de él hemos detallado, esta misma figura sirve para indicar el



*Ensamble del par con el tornapunta y la péndola.*— En esta (fig. $407^{IV}$) se representa en proyección lateral y otra transversal de dicho enlace; las tornapuntas están formadas por hierros en escuadra; dos para cada una, y sus dimensiones son distintas para cada tornapuntas, pues á medida que van aproximándose hácia al centro del cuchillo, á más de ser de mayor longitud, están sujetas á un trabajo mayor y de aquí vayan adquiriendo mayores gruesos ó dimensiones, cuanto más próximas estén del eje de dicho cuchillo, la figura $507'''$, es la sección recta del tornapunta que corresponde á la posición del $E'''$, en la fig. 507 de conjunto, haciendo ella comprender como van graduándose las dimensiones que tendrán las otras, empezando por la E cuyas dimensiones son de $\frac{90 \times 60}{100}$; la colocación de todas ellas obedece, á que estén situadas de modo que sean lo más rígidas posibles, á fin de evitar flexiones siempre nocivas; á cuyo efecto, se disponen sus brazos ó ramas mayores del ángulo, de manera que se encuentren en el sentido vertical, y así los brazos menores vienen colocados en el sentido de la pendiente de la cubierta. Por lo demás, y concretándonos á la fig. $507^{IV}$ objeto de nuestro enlace, se ve en ella como los tornapuntas $E''$, van fijos á los pares por medio del tornillo grueso y de forma de cabeza exagonal T, el cual viene obligado á atravesar las planchas cubrejuntas $V'$ y $Q'$ de que más antes nos hemos referido, principalmente la $V'$ que la ha originado la colocación de la correa, al paso que la $Q'$, sirve aquí, para el empalme de las dos piezas del par, que se unen en el punto G de la fig. 507, á la mitad de la distancia AB, toda vez que dicha longitud, es de $16^{m}$'23, quedando con ello, dividido en dos trechos, cuales serán de más fácil fabricación, máxime, si se atiende á su gran longitud comparada, con la relativa escasa sección recta con que cuenta; sin embargo, no concluye aquí dicho empalme, pues se le fortifica más si cabe, superponiendo

á los pares, encima de las ramas ó brazos superiores, un hierro plano X, que coja á las dos piezas P, que forman el par, en las inmediaciones en donde se quiera la junta, que aquí ya sabemos que es á la mitad del trecho total AB de toda la longitud del Par, atorníllese luego esta pieza con los tornillos *m*, sobre los nervios de las escuadras, y se habrá así obtenido un enlace fuerte y seguro, obrando las piezas de que se compone ahora este par, cual si fuera compuesto de una sola masa.

Más las planchas Q′, llevan en su parte inferior un apéndice ó cola Y, la cual sirve para coger entre sus quijadas, la cabeza de la péndola F‴, la cual se aprisiona en dicho sitio con el auxilio de los tornillos *t*, terminados con cabeza exagonal, la que facilita el giro de los mismos, para efectuar la debida presión.

Mas no siempre se apela, á ese aditamento suplementario, para coger la cabeza de la péndola, así, en la fig. $507^{\text{VII}}$, la cual representa el ensamble de par, tornapunta E′, péndola F″, correa, y montante de la linterna, se observa, como la péndola F″, se halla fijada aquí, precisamente dentro el espacio dejado entre las piezas en escuadra que forman el par, terminándola como siempre en un ensanche en forma de cabeza M, en contacto con las caras interiores de las escuadras, y á propósito para recibir el alma del tornillo, que la ha de aprisionar, con el auxilio de la cabeza exagonal de dicho tornillo. Por lo demás esta (fig. $507^{\text{VII}}$), se presta á la misma descripción que la hecha en la anterior y es excusado entrar en más detalles sobre ella, como no sea el ensamble del montante N de la linterna, el cual siendo de forma cruciforme, se cortan dos de los nervios frontales, en su extremo inferior y de suficiente extensión, para que toda la plancha que queda en los nervios laterales, pueda colocarse entrando en el interespacio, que dejan las dos escuadras que componen el par, empleando luego tornillos de presión para hacerla prieta; bien es verdad que antes de éstos, precisa la colocación de otras dos planchas de palastro, suplementarias, una á cada lado de aquella pieza, al objeto de que así quede bien en contacto con ellas y todas juntas, vengan á llenar por completo el interespacio antes indicado.

*Ensamble de la tornapunta, con la péndola y tirantes.* —El tirante está aquí en este cuchillo; dividido en diez secciones, y en el extremo de cada una de ellas, es que se verifica, el ensamble de las tres piezas antedichas.



Nos concretaremos aquí á uno de estos enlaces, como por ejemplo, aquél en donde se bifurcan (fig. 507 de conjunto), la péndola F‴, la tornapunta E‴, y el extremo de las dos secciones de tirantes en H″. Sea para ello la fig. $507^{\text{V}}$, de detalle, en ella se ven dos gruesas planchas H″, en proyección vertical y horizoltal, de una longitud de $0^{\text{m}}$'735, un promedio de altura ó ancho de $0^{\text{m}}$'140 y un grueso de 20 milímetros, ahora estas dos piezas gemelas encepan los extremos de las cuatro piezas concurrentes, estas son, la tornapunta E‴, la péndola F″, y los extremos J, J′ de los trechos de tirante; cada una de estas piezas, se fija en estas placas de unión, por medio de tornillos de presión que atraviesan á dichas piezas, así como á las placas H″. Conviene notar, que los extremos de estas piezas como se ve en J y J′, se les dá un ensanche bastante notable, en forma de pera, elíptico ó circular, para que puedan resistir con ventaja, sin debilitarse dichas piezas en los puntos de confluencia, y también las planchas-cepos reciben algunos ensanches, en las inmediaciones del enlace, y con ellos las piezas H″, adquieren un contorno de dibujo especial, el cual acusa perfectamente su destino. Igual principio de ensanche, se ha observado con respecto á los extremos inferiores del tornapunta y péndola, y aquí un mismo tornillo pasador fija á ambas, atravesándolas, un mismo vástago; téngase en cuenta aquí, que se procede á cercenar en la parte inferior del tornapunta, el brazo superior de la escuadra, para que así no estorbe, la entrada de la pieza en el cepo, entrando tan sólo, la rama inferior, tal como haya quedado, después de quitada su compañera.

Semejantes precedentes son ahora bastantes, para hacernos cargo del ensamble referente á las piezas concurrentes al pie del pendolón (fig. 379, lám. 13) aquí son cinco las piezas que se unifican, esto es, dos tornapunta, el pendolón, y dos trechos de tirante, aquí por ser la péndola simple, la que está situada en el eje del cuchillo, y forma verdaderamente la pieza llamada pendolón, las dos placas serán de contorno simétrico y lo suficiente altas y anchas, para abarcar en su superficie los ensanches ó cabezas de las cinco piezas que allí se bifurcan.

En cuanto al ensamble en el último trecho $\text{H}^{\text{IV}}$ del tirante, éste aparece mucho más sencillo, pues por estar más próximo al pie del cuchillo, no hay tornapunta concurrente, y el trecho de tirante se extiende de una sola pieza desde B, hasta

H''' (fig. 507), aun que en su medio $H^{IV}$, experimente un cierto ensanche, al pasar de la forma cilíndrica á la prismática (figura $507^{VIII}$ de detalle), todo con el objeto de que pueda ser cogido cómodamente por el cincho K, especie de cepo compuesto de dos planchas, que serán atravesadas por dos tornillos con cabeza exagonal, para trabajar con presión, uno para asegurar las piezas del tirante y otro para prender á la péndola $F^{V}$. La péndola $F^{V}$, no tiene otro objeto que aliviar el trabajo del tirante. á la par que de referir una parte del peso de éste, á la tornapunta $E^{IV}$.

De todos modos el grueso de las péndolas no son iguales, antes al contrario, van aumentando, cuanto más próximas van siendo del eje del cuchillo; así el grueso menor lo tiene la péndola $F^{V}$, el cual es de 8 milímetros y el mayor la péndola central ó pendolón que ya antes hemos indicado era de 34 milímetros. El diámetro de los tornillos de presión á rotación es de 28 milímetros.

La fig. $507^{IX}$, representa el grueso comparativo de las péndolas mayor y menor, entre las cuales, fluctúan el grueso de las intermedias.

*Ensambles en el cojinete.*—El cojinete viene dibujado en detalle en las fig. $507^{X}$, en proyección horizontal y vertical; la primera siendo una sección ó corte transversal dado por la línea *hj*. El alma del cojinete consiste aquí en una gruesa plancha de palastro (15 milímetros grueso), indicada en *mu* en contacto é interpuesta, entre las escuadras de los hierros que forman los pares, y alta lo necesario, para descansar sobre el muro de apoyo, aun que, viene recibida en él, por dos hierros en escuadra y horizontales, en que uno de sus brazos asienta de plano sobre el muro, mientras que el otro brazo, queda vertical, para recibir el alma de palastro antedicha, estas últimas escuadras son de brazos iguales y de la dimensión de $\frac{100 \times 100}{2}$, y vienen dibujadas en *cdef*, *c'd'e'f'* en proyección horizontal y en *gijh*, en alzado; sin embargo, como estas escuadras alcanzan en altura hasta la línea horizontal *hj*, conviene prolongarlas hacia arriba por medio de la pieza suplementaria *z*, que alcanza en alzado hasta la línea *kl*, afectando así la forma *klj*; se comprende que de no poner este palastro suplementario, hubiera quedado un reborde entre el alma antedicha, y las ramas verticales de las escuadras horizontales; este reborde se iniciaría á la altura de la horizontal *hj*. Se unifica luego semejante disposición de planchas, echando mano de otras dos placas de palastro de unos 5 milímetros grueso, superponiéndolas lateralmente, por la parte anterior y posterior, de las caras que hemos formado del cojinete, cogiendo también dichas dos últimas planchas á las caras laterales de los pares, formando así de todas aquellas piezas un solo conjunto ó cuerpo; se concibe ya desde luego, que el contorno de estas planchas, será el que pasa por los puntos *sijkrq*... etc.



Los tornillos son de presión, ó si se quiere, roblones de 10 milímetros de diámetro de cabezas esféricas ó exagonales según la posición que ocupen se encargarán de mantener firme el sistema. A más de semejantes precauciones, se acompaña también dos hierros en escuadra, calocados verticalmente en *nsxy*, cuyas dimensiones son $\frac{90 \times 60}{80}$, cuyo objeto es introducir dos fuertes nervios que fortifican las escuadras horizontales, así como también el alma y forros interiores del cojinete. Preparado así éste, es que ahora, puede hacer presa en él, la cabeza T, del tirante, el cual como todos, experimenta un aumento de grueso en dicha cabeza, para que no quede debilitado el hierro, con la introducción del tornillo de presión; este tirante afecta la forma de horquilla, cuyo detalle viene dibujado en la fig. $507^{XI}$.

Además, en las caras laterales del cojinete, van ensamblados los hierros en escuadra *ab* de ramas desiguales cuyas dimensiones son $\frac{90 \times 60}{10}$, y que van de cuchillo á cuchillo, asegurando la equidistancia en el pie de los mismos, efectuándose este enlace, por simples escuadras, atornilladas en los mismos cojinetes.

Es de advertir, que los trechos distintos de tirante, esos no guardan los mismos gruesos, aumentando á medida que se encuentren más próximos al arranque; así la fig. $507^{XII}$ indica la sección recta del trecho de mayor grueso, cual es el del mismo arranque inmediato al punto B; así como el de menos grueso, concerniente al centro; el primero es de diámetro $0^{m}$'056 y el segundo es su diámetro el de $0^{m}$·037.

*Ensamble de uno de los montantes de la linterna, con una correa, en un punto intermedio entre dos cuchillos.*—Lo representa la fig. $507^{XIII}$ en dos dibujos, uno visto de frente, y el otro de vista lateral, en ellos, M, es el pie derecho del

montante y C, la correa, el primero se hace fuerte apoyándose convenientemente en la segunda, y al efecto recuérdese que la sección recta del citado montante, es de figura cruciforme; y de ella se desgaja, parte del nervio posterior de la cruz, hacia la parte inferior, el trecho que media desde *m* á *n*, apoyándose el extremo que así queda en *mp*; sobre el platillo superior de la correa; además la parte anterior de dicho montante y el mismo trecho *qr* que corresponde á la altura desgajada, se dobla en caliente, hasta que adquiera, la dirección que lleva la sección recta dé la correa, todo con el objeto, de que pueda facilitarse mejor el ensamble con ella, quedando por lo tanto vertical el resto de dicho montante; en este estado, dos planchas X, Z de cubrejuntas y de una á otra parte de la correa se superponen al alma de ésta, hasta enrasar el vuelo de sus platillos, y ellas sirviendo de forros, se prende á ellas, la cola *qr*, que más antes se ha doblegado, haciendo eficaz este enlace, por medio de tornillos distribuídos convenientemente, entre las planchas de forro, y los brazos de la cruz del citado montante.

*Ensamble del montante central de la linterna, con su hilera y cabios para los cristales.*—Es objeto del mismo la figura 507xiv, cuyo dibujo se compone de dos partes, uno de frente y otro lateral; en ellos; el montante á partir de una cierta altura *ab*, se han desgajado de él, los brazos transversales, de sección transversal cruciforme, prolongándose las otras dos, en un solo cuerpo, y á toda la expresada altura; ahora es cuando se enlazan con él, dos hierros en escuadra *mn*, *pq*, de brazos desiguales y de la dimensión de $\frac{70 \times 40}{8}$, y hacia la parte superior, de modo que dichas escuadras queden bien horizontales, dándoles si cabe más resistencia, las planchas de palastro que como forros en *ab*, *cd*, *efgh* se interponen en íntimo contacto entre el montante y dichas escuadras, y luego fijo todo el sistema con el auxilio de los tornillos de presión que demuestra el dibujo; los hierros *mn*, *pq*, así colocados, constituyen la hilera de la linterna.

Ahora, sobre esta hilera, vienen á apoyarse los cabios que han de sostener los cristales, estos cabios de forma de simple T, invertida señalados en $\alpha$, vienen sujetos con los tornillos $\beta$ por un extremo, y sobre la correa inmediata por el otro, dicha correa ensamblada con el montante siguiente, correa que es de forma de escuadra, como así lo atestigua el



dibujo de conjunto. Los mentados cabios para cristales son de dimensión de $\frac{40 \times 36}{8}$, alcanzando una longitud de 6m'307, separación respectiva de las correas. Para el debido cotejo de las dimensiones de todas estas piezas que se han referido, todos los dibujos de detalle de este cuchillo, conviene tener en cuenta que su tamaño está regulado á la escala de 0m'10, para las figs. 507v, 507viii, 507xi, 507x y 379, los demás detalles están á la escala de 0m'20.

**276. Sistema Polonceau.**—La segunda agrupación de esta clase de cuchillos, ya hemos indicado que en ellos, los tornapuntas están en dirección perpendicular, á los pares y en este concepto, pueden dividirse éstos á su vez en dos clases, la primera indicada en la fig. 508, lám. 28, viene á ser una modificación del caso anterior y por lo tanto se compone el cuchillo, de par, tirante, de tornapuntas, y de piezas oblicuas T, que aquí vienen á sustituir á las péndolas, del caso anterior, por consiguiente este caso, bajo el punto de vista de ensambles de detalle, siendo muy semejante, al caso últimamente visto; podemos pasar ya directamente á estudiar la segunda clase de cuchillos ó tornapuntas normales á los pares, llamado este sistema de bielas ó si se quiere sistema *Polonceau*. De dos especies principales pueden ser también éstas, cuales son: A dos tornapuntas ó bielas con cinco tirantes; y á seis tornapuntas ó bielas con trece tirantes; escogeremos este último caso, por comprender en él el primero. Semejante disposición, permite dar más holgura á la luz que hay que cubrir, sin que por otra parte tengamos que recurrir, á hierros dispendiosos, toda vez que permite echar mano de los hierros más usuales del comercio, y que se hallan siempre existencias en los almacenes de las casas constructoras, y especialmente las viguetas que ordinariamente se emplean de forma de doble T; todo lo cual motiva, el que pueda reducirse el peso, del hierro á razón de cada metro cuadrado, en el caso de cubrir grandes espacios, lo que motiva una visible economía, pues si bien es verdad, que la construcción de tantas tornapuntas bielas, y de tantos tirantes, origina mucha mano de obra, ésta sin embargo, viene con exceso compensada con la economía que se obtiene. por la reducción del peso de hierro á razón de cada metro cuadrado, y la facilidad que se tiene de obtener de momento los materiales que componen semejantes cuchillos.

Así este sistema viene directamente indicado, para cuando haya que cubrir grandes espacios, al mismo tiempo que ocurran circunstancias fortuitas que obliguen, á colocar los cuchillos á gran distancia uno de otro; mas cuando la luz que hay que cubrir, sea relativamente pequeña, y no haya precisión á que sean considerables los espacios que median entre los cuchillos, entonces y sólo entonces, no resultará ventajoso, el procedimiento á que obedecen semejantes cuchillos.

El cuchillo que nos va á servir de tipo, para los enlaces en este sistema especial, es el representado en la lám. 28, figura 508′ y se compone de dos pares, inclinados de 21°, al horizonte y salvan una abertura ó luz de 25 metros; siendo la sección recta de los mismos, una forma de doble T, cuyas dimensiones son $\frac{140 \times 47}{6}$. Cada uno de estos pares, se compone de dos trechos, ensamblados en su mitad en el punto A; al mismo tiempo vienen reforzados, por tres tornapuntas ó bielas, igualmente repartidas á lo largo de aquéllos, en los puntos B, A y C, obrando estas bielas perpendicularmente á los mismos, y construídas aquéllas de fundición, con motivo de ser compresión los esfuerzos á que están destinadas á resistir, y su sección recta es cruciforme, aunque ensanchada por el medio de la longitud. Ahora estas tornapuntas, van á concurrir con los tirantes, en puntos como E, F y G en donde son aprisionadas estas piezas, por medio de placas que se roblan separadamente, y para dar á los tirantes una tensión determinada, se establece en ellos tuercas con filetes inversos, donde se atornillan los cabos de los mismos.

Así se llega á dividir el espacio triangular que forman los dos pares y la línea que une sus arranques, en una red de triángulos menores, que reparten entre sí equitativamente el trabajo, neutralizándose recíprocamente, viniendo á formar en definitiva una verdadera viga armada, en la cual los dos pares así auxiliados, pugnando uno contra otro, engendran un esfuerzo horizontal, que se halla perfectamente contrarestado ó equilibrado, por un tirante general, compuesto de varias piezas secundarias, formando un polígono, aunque poco pronunciado.

*Ensambles de detalle. Unión de los dos trechos del par en el punto* A, *correa y biela* (fig. 508″).—El enlace de las dos mitades del par, se lleva á cabo, mediante dos planchas de palastro, haciendo el oficio de cubrejuntas, dos hacia la



parte anterior, y otras dos hacia la posterior en contacto con el alma de la doble T, teniendo cada plancha 0m'120 de altura, por un espesor de 0m'010; todas convenientemente atornilladas, y ellas son una garantía para resistir á la reacción de la biela central.

Ahora sobre estas dos planchas, á uno y otro lado del par, colócase otra plancha de 0m'120 de altura, y de espesor 0m'0105, también atornillada, en la superposición con aquéllas, y sirve de suplemento para llenar el espacio que quedaría libre entre el borde exterior de las alas de la doble T, y la cara exterior de la última plancha de cubrejunta; de ese modo se facilita la colocación de la placa de unión, con la cabeza de la biela central. Semejante placa viene á ser una suerte de ensanche ondulado hacia la parte inferior de la plancha de palastro referida últimamente, y el sitio de las ondulaciones convexas, corresponden precisamente en los sitios $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, en donde sea preciso prender las cabezas de la biela, y de las dos cadenas ó tirantes inclinados $R_2$, $S_2$. Estas tres piezas vienen prendidas en sus cabezas terminadas en forma de anillo, en las dos placas ó platinas onduladas que más antes hemos hecho mérito; echando mano para ello, de fuertes tornillos de presión. Estos tirantes $R_2$, $S_2$, según ya se ha indicado, trasmiten sobre la biela central parte de la carga, que trabaja sobre las dos extremas; y son ligeramente desiguales en su longitud, á causa de la dificultad que surge, al querer ensamblar el $R_2$, con la placa de unión de los tirantes R, $R_1$ con la biela *h*. Tamaña dificultad, origina, que sea necesario, desviar algún tanto el eje según la inclinación del tirante, y que disminuya de 0m'05 la longitud del $R_2$, para con respecto del $S_2$; así á la vez que éste alcanza la longitud de 3m'21; el $R_2$, tiene la de 3m'16.

La fig. 508‴ nos muestra el detalle de uno de estos tirantes el $R_2$ por ejemplo, dado por dos proyecciones, como vemos; el cuerpo central, es una barra cilíndrica de 0m'021 de diámetro, aunque terminada por sus extremos, en forma poligonal, y éstas rematadas por cabezas en forma de anillo convenientemente forjado, y que colocado en situación, entre las dos platinas de unión, éstas vienen atravesadas por los vástagos del tornillo que al entrar á la vez en el anillo en cuestión prenden completamente á las piezas $R_2$, $S_2$ con el par. Los tornillos vienen á tener unos 0m'019 de diámetro.

En cuanto á la biela, se detalla aislada en la fig. 508$^{IV}$ en

donde se muestran dos proyecciones, y tres secciones transversales, para que se pueda examinar bien su estructura. Ya hemos dicho antes, que esta biela, es de fundición, y de sección cruciforme, el ancho en su mitad es de $0^{m}$'095, el ancho en los extremos es de $0^{m}$'063; en cuanto al grueso de las nervosidades es de 7 y 5 milímetros respectivamente al centro y á los extremos. La longitud total de dicha biela, alcanza á $1^{m}$'566, esta cantidad comprendida de eje á eje de sus tornillos de articulación, de dicha cantidad corresponde la longitud de $1^{m}$'200 para el trecho cruciforme; en cuanto á las partes extremas de esta biela, ellas las forman superficies cónicas, terminada por rodelas llevando consigo, anillos, cuales sirven para prenderse entre las platinas que lo han de unir con los pares, con el auxilio de tornillos de $0^{m}$'016 de diámetro. Las figs. $508^{x}$, $508^{xi}$, $508^{xii}$, indican respectivamente, los cortes dados por *ab*, *cd*, *ef*, á la biela en la fig. $508^{iv}$, y con ellos poder hacerse mejor cargo de las dimensiones y forma de la misma.

Mas volviendo al detalle de la fig. 508'', falta indicar ahora que existe también el ensamble de la correa *mn*, con el par; verificándose este enlace, mediante escuadras convenientemente atornilladas, prendiendo los tornillos á los tres gruesos de palastro, que anteriormente se han descrito, y eso tanto en la parte delantera, como en la posterior. Estas correas son hierros de doble T, de dimensión $\frac{120 \times 45}{5}$, y su posicion es tal, que vienen colocadas, sobre y en la misma dirección del tornapuntas.

Los ensambles de las piezas alrededor de los puntos B y C, de la fig. $508^{I}$ se comprende que se conducirán del propio modo, que acabamos de ver en el punto A.

En cuanto al ensamble de las correas ordinarias, con los pares, en los puntos indicados con la letra J, también se practicarán con igual procedimiento, por medio de escuadras laterales, abstracción hecha de los tres gruesos de plancha que antes empleábamos para el enlace de los dos medios pares, y enlace con la cabeza de la biela; que aquí no existirán, y por lo tanto dichas escuadras se harán fuertes á la misma alma del par; pudiendo por lo tanto, prescindir de figura explicativa.

*Detalle* F.—Del ensamble de cuatro piezas concurrentes, cuales son los tirantes $S_1$, $R_1$ HF y la biela FA; se verifica su



enlace (fig. $508^{v}$) por medio de dos placas gemelas, las cuales obran como encepando aquellas cuatro piezas, en sus extremos inferiores; tienen estas placas un grueso de $0^{m}$'020; por una longitud de $0^{m}$'410, y el interespacio que las separa, para dar lugar á la entrada de las piezas que van á encepar, es de $0^{m}$'047; un tornillo para cada pieza, se encarga de hacerla solidaria, atravesando al efecto el anillo de su cabeza, y las placas que mantiene el cepo, atornillando luego las cabezas con fuerte presión; así pues se emplean cuatro tornillos en este ensamble, y puede calcularse en $0^{m}$'150, la distancia que separa el centro de cada tornillo en su cabeza, al eje de la biela. Como quiera que ya se ha detallado en la fig. 508'''; y las formas de los tirantes $S_1$, $R_1$, HF, son análogas en sus cabos concurrentes (aunque algún tanto distintos en sus dimensiones), que el detallado $R_2$ en la fig. 508''', de aquí que evitemos pesadas repeticiones. Con semejante detalle de la figura $508^{v}$ dado en proyección horizontal y vertical, queda con él comprendidos los concernientes á los sitios de concurrencia E y G, en los cuales los ensambles son exactamente iguales, salvo la diferencia en dimensiones, toda vez que en estos puntos pueden ser más reducidas.

*Detalle* D, *concerniente á los pares, tirantes inclinados, y pendolón.*—Semejante ensamble está representado en la igura $508^{vi}$ que consta de alzado y proyección horizontal. Seis piezas son las que se acumulan en dicho sitio y que por o tanto hay que enlazar, éstas son: dos pares, dos tirantes, el pendolón, y finalmente la hilera.

Los dos pares, al encontrarse, oblicuamente por sus testas, forman un ángulo de 138° y se consigue su ensamble, echando mano de tres planchas de palastro *p*, *p'*, *p''*, de una altura de $0^{m}$'120, por un grueso de $0^{m}$'010, ellas todas superpuestas entre sí, y en el alma del par, son tales en la suma de sus gruesos, que ocupan todo el espacio comprendido, entre el borde exterior de las alas de la doble T del par, á la cara lateral más próxima de su alma; nó todas tienen la misma longitud, antes bien, van colocadas en resalto una en pos de otras, siendo así más factible la colocación de los vástagos que las atornillan, haciéndose el asiento más gradual, resultando más reforzado el encuentro de los dos pares, en el sitio que es más preciso; pero si vienen cortadas todas las planchas, según el ángulo de dichos pares; ahora es cuando, se puede colocar la cuarta plancha P superpuesta á aquéllas,

llevando consigo en su parte inferior, la cola Q formando horquilla con la pareada de la parte posterior, y entre las cuales se atornillará la cabeza del pendolón; estas planchas ó platinas de un grueso de 5 milímetros, y el tornillo que las aprisiona al pendolón tiene 12 milímetros de diámetro. El pendolón tiene aquí una longitud de $3^{m}$'9733, siendo una varilla cilíndrica de un diámetro de 12 milímetros, aunque terminada superiormente por un refuerzo prismático, con más, la cabeza circular-cilíndrica, perforada por un anillo á propósito, para dar paso al vástago del tornillo de presión.

En cuanto á su parte inferior, atraviesa el cabestrillo H (figura $508^{VIII}$), excediendo algún tanto del nivel inferior de éste, y trabajada en tornillo, al que se aplica la cabeza de la tuerca, lo cual permite bien presionados tuerca y tornillo, aliviar el trabajo del tirante horizontal, pues es bien sabido que el pendolón tiene la misión de impedir la flexión del tirante al trabajar dentro del sistema.

La vigueta de doble T, que sirve de correa-hilera, designada por *xy*, viene fijada á los dos pares por escuadras P, especiales, cortadas según el ángulo plano formado por la dirección de la correa y la inclinación del cuchillo. Tanto las escuadras de la hilera, como las de la biela, se atornillan después de los pares y de las correas, al objeto de facilitar el montaje, y como que hasta cierto punto forman parte integrante de los primeros, sus tornillos sirven á fijar las cubrejuntas, mientras que la horquilla de la cadena ó tirante S, cogiéndolas á todas, las unifica con la hilera.

*Detalle* S.—Este tirante está expresado en la fig. $508^{VII}$, tiene una longitud de $3^{m}$'336, su cabeza parte del vértice del ángulo de los pares, á una distancia de $0^{m}$'100 de la hilera. Se compone esta pieza de dos partes, es á saber, primero, de una horquilla de $0^{m}$' 700 de longitud, formada por dos quijadas planas de $0^{m}$'050 de altura y un grueso de $0^{m}$'015, á cuyas extremidades de las mismas, se han soldado dos cabezas en forma de peras ó elipses, para poder hacer presa con ellas á los pares. En la parte opuesta, esto es en el acodamiento ó cincho que forman las quijadas ó pinzas, hay un hueco cilíndrico trabajado en tuerca, por donde se aloja el tornillo con que está terminado el vástago del tirante inclinado. La segunda parte de este tirante, consta de un vástago cilíndrico de $2^{m}$'766 de longitud, terminado superiormente, según se ha dicho, según una espiga fileteada de tornillo, la cual internada dentro



el agujero cilíndrico del acodamiento de la horquilla, y sobresaliendo dicha espiga en el interior de aquélla, se fija definitivamente, con el auxilio de dos cabezas de tuerca, cuyas pueden colocarse fácilmente, girándolas entre el espacio que media entre las quijadas de la horquilla. Estas cabezas de tuerca tienen un diámetro de $0^{m}$'078. La parte opuesta de dicho tirante S, termina por un ensanche plano-cilíndrico, que sirve de refuerzo, al colocar dicha cabeza entre las platinas del punto de convergencia E, en que se reúnen una biela y otros dos tirantes; y ser allí atravesadas por los tornillos que la fijarán definitivamente. Estos tornillos, lo propio que los superiores, tienen de diámetro $0^{m}$'031, y sus cabezas son de forma exagonal.

*Detalle* H *ó sea el cabestrillo.*—Ya incidentalmente, nos hemos referido á este importante elemento del cuchillo; al indicar como el extremo inferior del pendolón, iba ensamblado con el tirante horizontal; ahora añadiremos que es un bastidor (fig. $508^{VIII}$) de forma rectangular, aunque substituídos sus ángulos, tanto exteriores como interiores, por superficies cilíndricas, tangentes á las paredes de dicho bastidor, que es por tanto, hueco como anillo, larguirucho, teniendo una longitud de $0^{m}$'366, un ancho exterior de $0^{m}$'114, y el correspondiente al interior $0^{m}$'090; la altura de estos hierros planos que componen este cabestrillo, es de $0^{m}$'055, por un grueso de $0^{m}$'012. En los extremos del mismo, hay practicadas perforaciones, para dar lugar al paso de una y otra parte, á las espigas fileteadas de los semi-tirantes horizontales, los cuales se retienen en el interior del cabestrillo, con el auxilio de cabezas redondas, trabajadas interiormente en tuerca, cuales convenientemente adaptadas á su espiga respectiva, acaban por presionar las caras interiores de los brazos acodados del cabestrillo. Se deja siempre interiormente, un espacio libre central, de $0^{m}$'100, para dar paso al extremo del pendolón, y permitir por otra parte, un cierto juego entre los extremos fileteados, de los medios tirantes horizontales.

*Detalle* I. *Cojinetes.*—Representado este detalle en la figura $508^{IX}$, compuesta de planta, y alzado. Los cojinetes se componen aquí de piezas de fundición en las cuales entran los pares y una vez éstos en su lugar se fijan por medio de planchas de palastro △, fijas con pasadores atornillados. Los cojinetes se tiene la precauciów de empotrarlos en el muro, para así impedir todo movimiento, debido á variaciones de tempe-

ratura, ó todo otro movimiento accidental transmitido, por las demás piezas que se asientan sobre el respectivo cuchillo, excluyendo de semejantes movimientos, el empuje del par, contra el muro, toda vez que semejante esfuerzo, viene ya contrarrestado por el tirante R, que es de todos, el que produce el máximo esfuerzo de tracción; éste tiene una longitud total de 3m'336, de eje á eje de los tornillos de articulación, y su diámetro en la verga cilíndrica, es de 0m'051, y se compone como los demás de su género, de una horquilla y de la verga ó tija propiamente dicha, la primera es la que hace presa á la vez, al cojinete y al par, y así unifica y consolida todas las partes del sistema. La disposición y detalle de este tirante, es análogo al detallado en la fig. 508^VII salvo alguna ligera variante en cuanto á dimensiones.

277. Cuando las armaduras, han de cobijar grandes espacios, entonces pueden reforzarse los cuchillos dentro el mismo sistema Polonceau, haciendo, que los pares, así como las correas, vengan construídas con vigas de palastro en forma de celosía, verdaderamente constituyendo vigas armadas. Los ensambles se complican en este caso, aunque generalmente insiguiendo análogos procedimientos que los últimamente vistos; reseñaremos brevemente un caso de esta naturaleza (lámina 29, fig. 509); es la figura de conjunto del cuchillo, con la modificación de que acabamos de hacer mérito. Los pares AB, están formados por cuatro cantoneras (fig. 509') (sección transversal), entre las cuales, están encepadas las aspas formando celosía ó cruces de San Andrés, cuales se fortifican más y más en su encuentro, por medio de platinas circulares fijadas por medio de roblones, tal como se vió en las piezas de esta clase en el párrafo 257 (*k*), y figs. 431 y 432 y cuyo detalle en el caso actual obra en la fig. 509''; la platina central tiene aquí un diámetro de 0m'155; mientras que el ancho de las aspas, es de m'060, siendo cuatro los roblones que mantienen fijo el cruce de las mismas. Además, conforme muestra la referida fig. 509' la pieza del par, se fortifica superior é inferiormente por medio de planchas de hierro superpuestas en todo lo largo y ancho que forman los platillos, para luego ser en ellos roblonados; el ancho de los platillos alcanzan una medida de 0m'220, y la altura del par así dispuesto, es de 0m'650.

*Ensamble del par con las correas.*—Son las correas aquí, vigas también armadas sistema de celosía y de análoga, fac-



tura que los pares, aunque de altura menor, cuya alcanza á 0m'500, representando la fig. 509''' la sección recta de una de estas correas. El enlace del par con la correa, tiene lugar por medio de hierros de ángulo, roblonados á toda la altura del alma, tanto del par como de la correa, y á más, con el auxilio del acodamiento de las cantoneras y un refuerzo en los platillos inferiores de la correa, las cuales convenientemente dobladas, vienen en sus testas á descansar sobre las alas inferiores del par, á la vez que sujetadas con roblones, á las cantoneras anteriormente mencionadas. La fig. 509^IV da un detalle del par visto de frente, con el ensamble de la correa, al paso que la fig 509^V es el mismo detalle, pero vista la correa de frente, mientras que el par se vé en su sección recta.

A continuación y como ampliando, semejante clase de ensambles damos otros ejemplos, aunque extraños á nuestra figura de conjunto; así la fig. 509^VI, significa el caso en que la correa, tenga una dimensión mucho menor que la precedente, no habiendo aquí necesidad, de acordarla con el platillo inferior del par; en este caso, se interpone entre las cuatro cantoneras del par, una ancha plancha de palastro P, cuya permite campo suficiente, para prender sobre ella, y convenientemente roblonadas, las piezas de ángulo que fijan y ensamblan las correas.

En la fig. 509^VII las correas, por una causa cualquiera, no pueden seguir la dirección perpendicular á la de los pares, y entonces la sección recta de aquellas aparece vertical, y por tanto sus platillos son horizontales; la plancha auxiliar P, continua como antes, aunque no dándole tanta anchura; y además se introduce otra escuadra C, la cual fija aún mas la parte inferior del platillo de la correa con el par; como siempre los roblones son los encargados de realizar el enlace fijador.

En la fig. 509^VIII, las correas son piezas de doble T, y su enlace para nada varía con el descrito de la figura anterior.

Finalmente en la fig. 599^IX, se supone que las exigencias de disposición han obligado á que la correa; que aquí tiene mayor altura que el caso anterior, sobresalga algún tanto del par, el cual de otra parte tiene las aspas de la celosía, armadas con nervio central, y además estas no solamente se prenden en las cantoneras que forman platillos, sino que también en una gruesa plancha de palastro A, embebida á su vez entre dichas cantoneras. En este estado, se echa mano,

de una plancha suplementaria *f*, para alcanzar el grueso de dichas cantoneras y así los brazos ó ramas verticales de las mismas coinciden con el mismo paramento de dicha plancha *f*; ahora es cuando pueden prenderse en esta plancha los hierros de ángulo Q y C, para ensamblar la viga de doble T, con el par antedicho, valiéndonos como siempre de los roblones.

*Detalle C del conjunto.—Ensamble del par con la biela.* —Ya hemos indicado que las bielas ó tornapuntas, son una suerte de piezas que tienden á ser levantadas por los tirantes y sostienen al par en su punto medio como en el ejemplo actual, ó en tres de sus puntos, en otros casos distintos del presente; obran dichas piezas por compresión, siendo esto motivo para que se construyan generalmente de fundición, y en forma de cruz ensanchada en su punto medio. Sin embargo hay casos en que se construyen dichas piezas; como por ejemplo en el caso de la fig. 509; con hierros laminados, de forma también cruciforme, con dos hierros de simple T adosados, ó con cuatro hierros de ángulo (fig. $509^{XI}$), interponiendo placas de relleno para facilitar el ensamblaje; todas estas partes juntas, sobrepuestas ó adosadas dos á dos, van convenientemente roblonadas, entre sí. Los extremos de la biela, llevan unas como molduras, en forma de anillos perforados en la espiga que sobresale en *e-e'*, *g*; esta espiga se introduce, en unas placas $\pi$ de ensamblaje, á las cuales se fijan por medio de un pasador, conforme muestra la fig. $509^{IV}$; así como en detalle en la fig. $509^{XII}$ en donde se dibujan dichas dos placas horizontal y verticalmente, siendo las quijadas $\pi'$, $\pi''$ vistas horizontalmente las que indican, como van á presionar dicha espiga, mediante el auxilio de dicho pasador.

*Detalle D.—Extremo inferior de la biela, ensamblado con los dos trechos de tirante y la cadena.*—El detalle de este ensamble está dibujado en la fig. $509^{XIV}$ y como es análogo al descrito en el primer caso del cuchillo Polonceau; á aquella descripción nos referimos.

*Detalle A.—Ensamble de los pares con las cadenas y el pendolón.*—El detalle lo representa la fig. $509^{XV}$ visto de frente y la fig. $509^{XVIII}$ visto en sección; con más la sección dada á lo largo de la línea XZ; los dos pares quedan ensamblados por medio de la placa Q; y la contra placa P, cual última se aplica al alma de aquellos y rellenan el resalto de las cantoneras; ahora sobre esta última, puede ensamblarse la cumbrera, la cual se prende con fuertes cantoneras, cuales se ensamblan con pasadores á los pares, atravesando las placas de relleno y las almas de los mismos.



La placa cubrejunta, queda sujeta por seis ú ocho pernos; en el agujero central se fija el perno que sujeta los estribos de los tirantes.

Entre estos últimos, y la placa de ensamblaje, se interpone una arandela que rellena el hueco correspondiente al resalto de la cabeza de doble T. La fig. $509^{XVI}$, representa el detalle de la horquilla NM, con que termina el tirante-cadena, no extendiéndonos sobre más explicaciones sobre él, por ser análogo á otro caso anteriormente visto. Hácia la parte inferior de la fig. $509^{XV}$ puede verse, que se ha ensamblado una pieza adicional, de forma triangular $\varphi\Phi\delta$, insiguiendo aunque achaflanado el ángulo inferior de los pares; semejante pieza, compuesta de hierros en escuadra y una hoja de palastro, entre ellas interpuesta, está prendida por medio de roblones ó mejor tornillos, sobre las alas inferiores de los pares, ahora esta pieza auxiliar así dispuesta; es sumamente útil, pues á más de asegurar mejor la invariabilidad del ángulo de los pares, dá pie para que en ella pueda ensamblarse la cabeza del pendolón $\Delta$, á cuyo efecto, se termina éste en forma de horquilla (fig $509^{XVII}$), atravesadas convenientemente sus quijadas mediante un perno pasador. Acabaremos de tener conocimiento cabal, de la pieza adicional $\varphi\Phi\delta$, compulsando la sección dada por la línea XZ, (fig. $509^{XVIII}$) y por la sección $\varphi\Upsilon$ en la fig. $509^{XIX}$.

*Detalle B, (del conjunto).—Pie, arranque ó asiento del cuchillo.*—Tiene por objeto sencillamente el ensamble de los pares con el tirante; y lo primero que se efectúa, es terminar el arranque del par por medio del contorno *efg*, pues así se facilita su asiento; insiguiendo empero en este contorno, la estructura de la construcción del propio par, (fig. $509^{XX}$); esto es empleando las dos cantoneras *gf*, cuya misión será unir los hierros de ángulo del platillo superior, con los de igual clase del platillo inferior; también aquí se termina reforzando esta pieza del par, echando mano de una ancha placa de palastro G; con la cual dará pie con su extenso campo, á sobreponerle otra plancha de palastro H, la cual llevará consigo, las platinas L, en cuyo centro habrá dispuesto el eje ó conducto O, por el cual atravesará el pasador K, (fig. $509^{XXII}$), por cual se

ha de prender la horquilla I, con que termina el tirante J, esta última figura ya demuestra como la horquilla forma cuerpo aparte del tirante; aunque ambos á dos empalmados con el sistema de rosca y tornillo. La estructura de este especial ensamble queda ampliada en su estudio mediante la inspección de la sección dada por la línea *mn*, representado este corte en la fig. 509XXI.

*Detalle E, (de la figura de conjunto).—Ensamble del tirante con el pendolón.*—Está representado en la fig. 509XXIII; consiste la base fundamental de este enlace, en un bastidor R de forma rectangular, reforzado en sus extremos, por las cabezas *p*, *p'*; estas y el bastidor van provistas de perforaciones trabajadas en tuerca, en las cuales se adaptarán los tornillos, cuales están trabajados en los extremos de los dos tirantes que se han de enlazar, por medio de dicho bastidor. Ahora el pendolón $\pi$, lleva en su extremo inferior una espiga trabajada en rosca, la cual una vez introducida, en el hueco del bastidor, de modo á presentar un saliente, por la parte inferior, se presta á que vaya entrando en la rosca de la pieza de fundición *v*, la cual pieza está ornamentada con algunas molduras que robustecen más á la misma; también suele ir acompañada de molduras, tales como se representan en el cuerpo de revolución $\mu$, la parte extrema de la varilla del citado pendolón. La proyección horizontal del bastidor, así como los detalles del tirante J, representados en la figura 509XXIII; concluyen de dar conocimiento del conjunto del ensamblaje en cuestión.

278. Tipo de cuchillo sistema simple palastro.— Uno de los ejemplos más notables y dignos de llamar la atención, que ofrece de esta clase de cuchillos, es el referente á la cubierta de la estación del Ferrocarril de San Germán á París; cuyo autor es el ingeniero Mr. Flachat.

La gran resistencia que tienen los palastros, á los esfuerzos de tracción y compresión, obrando en el canto de los mismos, y la ligereza relativa que ofrecen, hicieron que se adoptara algunas veces semejante sistema, máxime, cuando á aquellas condiciones pueden añadirse, las de economía y facilidad de ejecución; toda vez que con respecto á los hierros que se necesitan, quedan concretados sencillamente, á simples planchas de palastro, escuadras y roblones, sin tener que acudir á piezas especiales que se han de fabricar exprofeso, para el caso de que se trate, y sin que tampoco sean pesados



y difíciles los trabajos de construcción del cuchillo y correspondiente montaje.

El cuchillo á que nos referimos está representado en su mitad en la fig. 510, L.ª 30; su disposición general de pares, relacionados, con los tornapuntas, cadenas y tirante, está llevada según el sistema Polonceau. En esta figura, nos fijamos en los puntos de ensamble *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, cuales detalles de enlace vienen representados, en las figuras que constan en la L.ª 30. Así la fig. 510' nos dá el ensamble de los pares, cadenas y pendolón; y á más el relativo del pendolón con el tirante; también aparece el ensamble de la cumbrera ó hilera con los pares. Esta figura la completan tres secciones; la una la CD, que nos dá las dimensiones transversales del par, cual se compone de una viga compuesta del alma de palastro, de grueso 10 milímetros, reforzada por cuatro cantoneras de dimensión $\frac{75 \times 75}{13}$ (fig. 510VI) y á más una plancha que completa el platillo superior y cuyo grueso es de 15 milímetros; la altura total de la sección recta de este par es pues de 0,315. Otra secccción EF, que demuestra las dimensiones transversales de la cadena; es también su forma de doble T, con su alma de palastro de 8 milímetros grueso y reforzada con cuatro cantoneras $\frac{60 \times 60}{9}$ y un platillo de refuerzo superior, de longitud 0'120, la altura total de dicha sección de cadena es de 0m 190. Pares y cadenas; ahora se unifican en su enlace por medio de sus almas que se comunican entre sus respectivas cantoneras, según es de ver en la tercera sección dada por la línea AB, cuya viene demostrada á la izquierda de la figura de conjunto. También se manifiesta en este detalle, el ensamble del pendolón (cuya sección recta es un rectángulo de 80 $\times$ 8 milímetros) con la cumbre de las cadenas, y luego con el tirante, reforzando estos enlaces, chapas de cubrejuntas convenientemente roblonadas; teniendo en cuenta que el tirante quebrantado, se compone también de piezas compuestas de alma de palastro y reforzada con las correspondientes cantoneras, alcanzando así una altura total de 0 220.

En la fig. 510'' se representa el ensamble, cuando se bifurcan entre sí en *e* en la fig. 510, las dos cadenas, con el par, y el tornapunta, al efecto una misma alma de palastro, interesa á todas estas piezas unificándolas, atravesando las

cantoneras, de todas dichas piezas, pues cada una de estas últimas, obedecen á la misma estructura de las últimamente referidas; la sección *mn*, demuestra la sección recta de una de las cadenas diagonales, y la dada por la dirección RS, indica la sección recta del tornapuntas *fe*. Además los platillos inferior del par, y superior de las cadenas, en el límite que se verifica el enlace, van entre sí convenientemente roblonados. Acaba de dar completa idea de esa combinación de piezas en su enlace, la sección dada á lo largo de la dirección LM, cual sección para más claridad, se reproduce en escala mayor en la fig. $\gamma$, con sus acotaciones.

Los detalles de ensamblaje en los puntos *f*, *g*, *h*, están respectivamente representados en las figs. $510^{IV}$ 510'' $510^{V}$, todos obedecen á análoga construcción que los anteriormente referidos, empleando en ellos *sobreplacas* cubrejuntas, en el sitio en donde las piezas se bifurcan, unificándolas; al prender en ellas los roblones. Las secciones rectas de cada una de estas piezas, dirigidas aquellas en el sentido que indican, las correspondientes letras, demuestran la estructura de cada una de dichas piezas.

El tipo del roblón empleado es el que marca la fig. $510^{VII}$ el cual tiene por término medio 18 milímetros de diámetro, 38 de longitud en el vástago ó alma y 32 de ancho de cabeza en la parte inferior en donde se verifica el contacto ó cierre de su sombrerete.

La importancia que tienen estos cuchillos, bajo el punto de vista de la construcción, es mucha si se atiende que abarcan una luz de $40^m$, y que la separación que media entre estos cuchillos es de $8^m$; empleándose las correas de enlace en forma también de doble T, armada del palastro del alma y las cuatro cantoneras, obedeciendo á igual construcción que los cuchillos; el ensamble de pares y correas se efectúa por hierros ó planchas de análoga disposición que los descritos en la L.ª 29. El peso de uno de estos cuchillos se calcula en el de 9037 kilos, y el de una correa el de 342 kilos.

279. **Cuchillos curvilíneos.**—Se echa mano de ellos, por muchos y varios motivos, hijos de las exigencias de disposición, ó ya también de construcción; así puede ocurrir casos, en que los espacios que hay que cubrir, no sean ni cuadrados ni rectangulares, y en cambio estén terminados por formas poligonales, circulares, curvilíneas de cualquier clase, en hemiciclo, etc., etc.; puede darse también el caso,



de convenir mayor altura, dentro del mismo espacio, ó que aquella sea la mayor posible, dado un recinto determinado; puede igualmente imponerse la condición de partir como á dato, de un ancho ó luz considerable; la economía en la construcción en consorcio con la mayor resistencia deseable, entre los varios sistemas á que pueda recurrirse, son también cuestiones que pueden ser impuestas al director de una obra, para que en ella haga presidir dichos requisitos; en fin, y otras tantas causas prolijas de enumerar, y que hasta cierto punto escapan de las condiciones generales para entrar en las particulares, hijas de la necesidad que aparezca en cada caso especial; son todas ellas bastantes, para hacernos comprender el problema á que vienen á resolver los cuchillos de forma curva, y la gran trascendencia que tienen dentro la mayor parte de cuestiones que pueden originarse en el campo de las construcciones.

No excluyen sin embargo por otra parte, en ciertos y determinados casos; el que se apliquen á las plantas rectangulares y cuadradas, las formas curvilíneas en los cuchillos, muy especialmente al construir bóvedas afectadas de nervios en su estructura, como son las conocidas en la estereotomía de la piedra, por las de arista, en rincón de claustro, ojivales ramificadas de muchos nervios, etc , y otros tantos casos que la práctica pueda presentar.

De todos modos, bajo el punto de vista, de los cortes y enlaces de los hierros que formen dichas estructuras, nada de nuevo encontraremos, que no hayamos aplicado en los casos de los cuchillos rectilíneos, excepción hecha de la curvatura que haya necesidad de comunicar á las piezas, cual operación por otra parte aparece bien expedita, en virtud de lo que sobre este asunto indicamos en el párrafo n.º 200, lo que si tendremos en cuenta en este nuestro presente caso, que comunicando la forma arqueada á las piezas que hemos llamado pares, resulta si cabe más economía que al emplear aquellos de forma rectilínea, ya fueren de sección rectangular ó de doble T, en razón de salir comprobado según enseña la mecánica, que cuando una pieza curva formando arco, está retenida por sus extremidades, y cargada en toda su extensión, todas sus partes trabajan á la compresión, utilizándose por lo tanto la totalidad de la materia metálica, no sucediendo semejante ventaja, cuando del empleo se trata de una pieza rectilínea sostenida por dos apoyos, en la cual, la parte superior es la

que verdaderamente trabaja y por lo tanto la que resulta realmente útil.

Pueden subdividirse los cuchillos curvilíneos, en simples y compuestos; los primeros, tienen únicamente, un simple tirante, que equilibra al empuje horizontal que desarrollan los pares, y en cuanto á los segundos, se diferencian de los primeros, por la aplicación en ellos, de tornapuntas y tirantes intermedios, cuya misión, es aliviar á los pares de las cargas que sobre los mismos gravitan, tal y como hemos visto también en los cuchillos rectilíneos.

Aquí, recordaremos, lo propio que dijimos en estos cuchillos rectilíneos, que los pares pueden ser formados de simples hierros planos, de hierros de doble T, ó simple T, de piezas compuestas de alma llena, ó en celosía, hierros de ángulo, ó sean cuatro cantoneras, dos arriba, y dos debajo, formando los nervios de la pieza, y con las planchas de refuerzo, formando platillo superior é inferior.

Entrando ya en la designación de los distintos cuchillos curvilíneos correspondientes á la gran variedad de cubiertas que puedan presentarse; y haciendo no más mención de los más principales, estos son.

1.° *Cañón seguido.*—Una de tantas formas de los cuchillos, puede afectar el arco de medio punto, ó el arco circular rebajado, por ejemplo el escarzano que es el que muestra la fig. 511, L.ª 31, se supone aquí ser de $10^{m}$ la luz de la abertura, y su radio de $5^{m}$; los dos pares de sección de doble T que afectarán la forma de dicha curvatura ABC, estarán empalmados por medio de dos chapas y tornillos en el punto B, esto dado el caso que no se quiera que formen una sola pieza, lo que por otra parte siempre resulta más ventajoso en gracia á la economía, evitar juntas y obtener una curva más exacta.

Los cuchillos pueden estar separados de unos $4^{m}$ disponiendo entre cuchillo y cuchillo las correas *a*, *b*, *c*, etc., que serán hierros de doble T de dimensión $\frac{100 \times 43}{5}$ separadas entre sí de $1^{m}$'34 y su ensamble con el par será análogo al de de la fig. 299. El tirante lo propio que el pendolón son hierros cilíndricos cuya sección recta circular, alcanza un diámetro de $0^{m}$'017, y su ensamble en D, puede efectuarse por medio de cincho ó anillo, en el que descansa el tirante, mientras que el pendolón, está prendido con un pasador que también atraviesa las dos ramas que lleva dicho cincho, según es de ver en la fig. 511'; sin embargo, para que el enlace de cincho y pendolón se haga cómodamente, es preciso que el segundo, se le haga pasar de la forma cilíndrica á la prismática, hacia el extremo inferior.



En la fig. 511'' hay el ensamble del pendolón con la parte más alta del cuchillo, este enlace no tiene nada de particular, es análogo á otros vistos en el curso de este libro, así, una pieza adicional E, colocada debajo el par, presta apoyo para que entrando en la horquilla F, del pendolón, este pueda fijarse con el perno pasador, que unificará dicha horquilla con la pieza adicional ó ensanche curvilíneo E, el cual á su vez, está prendido con pernos ó roblones con el platillo inferior del par.

En el apoyo A, el par entra en una pieza de fundición, (fig. 511'''), la cual viene fija en el muro por medio de pasadores tales como G; además la fijación del perno que une la horquilla del tirante, con las paredes de la caja de fundición, unificarán el sistema en este sitio.

Casos particulares pueden obligar á que la curva del cuchillo en lugar de ser circular, sea elíptica, ó cuando menos muy parecida á ella; tal acontece en el dibujo esquemático de la fig. 512 que representa un cuchillo terminado ó con forma de arco carpanal, tipo de los empleados en la fábrica de Fairbain, en la sala de calderas cuya luz alcanza $15^{m}$'25. El trabajo del par curvilíneo está aliviado por el sostenimiento que le prestan, las tornapuntas y las péndolas, cuyas últimas abrazan también el trabajo del tirante quebrantado.

Uno de los ensambles principales que aquí se ofrece es el referente al punto O, en donde concurren dos tornapuntas, el pendolón central y el punto medio del trecho central del tirante, trecho que aquí es horizontal. El detalle de este ensamble está en la fig. 512', las dos mitades del tirante, están empalmadas por el sistema de manguito; el pendolón atraviesa dicho manguito, y excediendo de él por la parte inferior, queda sujetado por medio del tornillo T. Dos placas de palastro, anterior la una C, y posterior la otra, unifican los tornapuntas B, y B', que son hierros de simple T, con el pendolón.

En la fig. 512'' se detalla, como las dos placas C, encepan en sus cabos extremos, á las dos piezas D y E, del tirante quebrantado, á la vez que al extremo inferior del pendolón

F, y al extremo también inferior del tornapunta G, cuya sección es una simple T; invertida. Las tres primeras piezas entran dentro los cepos, de modo á cambiar su forma cilíndrica, por prismática, terminando dichas piezas por medio de cabezas suficientemente ensanchadas, afectando una forma de corazón, cual se presta con el ensanche de esta cabeza, á ser prácticamente presionada por el tornillo ó roblón pasador.

En cuanto á la cuerda ó tornapunta G, esta se la superpone una plancha H, de suficiente grueso para que esté en íntimo contacto, con las dos placas C que obran como cepos, y en este estado se aprisiona la cabeza del tornapunta; por medio de los roblones que se notan en H, y asi como del grueso tornillo, cuya cabeza se distingue en la encepadura.

También es interesante el ensamble que se verifica alrededor del punto *b*, de la fig. 512 del conjunto; este detalle está expresado en la fig. 512'''; tiene por objeto la fijación con el par curvilínea, del pilar ó montante GH, de la linterna, este pilar es de fundición, afectando una forma de pequeña columna, con fuste, base, y capital, terminada inferiormente, con una suerte de platillo *mn*, que lleva, la pequeña curvatura del par, sobre el cual se yuxtapone fijándolo, con tornillos en las partes laterales ó voladizas del platillo de dicho par; además formando cuerpo con esta columna, el hierro cruciforme en su sección, demarcado por LKM, el cual por la parte superior tiene dispuesta una pequeña ranura formando horquilla, dentro de la cual se aloja, la cabeza de otro hierro cruciforme N, destinado á parecillo para sostener los cristales de la linterna; los pequeños pasadores que se notan en la parte superior de la pieza LKM, son los que fijan definitivamente dicho hierro N. El hierro en T sencilla que se dibuja en *q*, es la correa que enlaza los parecillos vecinos. Con esa ligera explicación se comprenderá ya también de momento, el detalle de (fig $512_{IV}$), concerniente al pilar de la cumbrera.

La fig. 513 nos ofrece otro tipo de cuchillo curvilíneo, adoptado para cuando el arco circular es muy rebajado, viene á ser en sustancia una suerte de viga armada, con tornapuntas y cadenas diagonales, entre el par y el hierro que hace las veces de tirante. Para con respecto á los ensambles de sus distintas partes, no encontramos nada de particular; pues son análogos á otros vistos en distintos ejemplos. La primera pieza ABC, la forma una viga curvilínea de muy pequeña flecha, compuesta de una alma de palastro con cuatro cantoneras dos superiores y las otras inferiores. Ahora dicho arco, está subtendido por una serie de tirantes, que van desde A á B, pasando por los puntos intermedios, tales como D, simulando arco ensamblado respectivamente en estos trechos con la serie de tornapuntas de sección de doble T. Finalmente estas tornapuntas están aliviadas, por una serie de péndolas inclinadas, que transportan de una á otra pieza, parte de la carga, trasmitiéndola desde el vértice ó cumbrera hacia el arranque del arco.



Más si el cuchillo curvilíneo tuviera necesidad de ser bastante peraltado, entonces, el arco ojival ó apuntado, sería el más ventajoso, para aplicarlo á la forma de aquel, toda vez que á parte su esbeltez, reune la singular ventaja, de trabajar en la mejor repartición de materia; tal es el arco de la fig. 514, tipo adoptado en la Iglesia de San Eugenio de París; tiene una luz de $10^{m}$ por un radio de $7^{m}$'20, y una montea de $6^{m}$'82. Estos pares curvilíneos, vienen á formar vigas armadas, compuestas de cuatro cantoneras, dos superiores y dos inferiores, entre las cuales, el alma de la pieza, está sustituída por hierros formando celosías, y de tal modo que hay dispuestos una serie de rectángulos mixtilíneos, formados por la serie de los hierros normales á la dirección de las curvas del cuchillo, y luego tomando en consideración una sola diagonal en cada compartimento rectangular, pero de suerte que cada una de ellas con la contigua, partan de un mismo vértice, ó por mejor decir de los vértices contiguos de dos rectángulos consecutivos. Por lo demás, no nos ofrece este ejemplo nada de particular que no hayamos, visto, bajo el punto de los enlaces, de sus piezas; pero si recordaremos que el cuchillo curvilíneo trazado según, la forma de arco apuntado, es una de las tres disposiciones (fig. 517), que se adoptan para la construcción en forma de cúpula, siendo las otras dos; la esférica (fig. 515), y poligonal la otra (figura 516). En estas especiales construcciones, los cuchillos curvilíneos, vienen colocados en los planos radiales de los respectivos meridianos, siendo recibidos hacia la parte superior, por una pieza circular, ó en forma de anillo, el cual convenientemente enlazado con ellas las unifica, formando así un sólido conjunto. Dicho enlace es el más importante de todos los que entran en el sistema, empleándose distintas soluciones

según los casos; así si nos fijamos en el ejemplo de la cúpula ojival (fig. 517); sus cuchillos están dispuestos en el sistema de vigas armadas en celosía, formadas de cruces de San Andrés y cuatro gruesas cantoneras; en este caso la fig. 517', nos ofrece un ejemplo para la construcción de la corona; dos gruesos hierros circulares A y A', de un diámetro cada uno de ellos, igual al del paralelo que se escoja á la altura que quiera hacerse la concurrencia de cuchillos en la fig. 517, son recibidos por una serie de montantes B, B', B'', etc., tantos como cuchillos se cuentan. El enlace de las piezas A, con las B, se efectúa con ensamble á tenaza, pues á este efecto, cada uno de los montantes B, va armado superior é inferiormente por una gruesa entalladura como á tenaza. Formando también cuerpo con dichos montantes, estos llevan superior é inferiormente y hacia la parte exterior, un ramal C, C' etcétera, D, D', etc, cuales tienen entalladura á horquilla, dentro las cuales se introducirán los extremos superiores de los cuchillos; más al objeto de que estos sean cogidos con más ventaja, se terminan en este extremo, con alma de grueso palastro, encargándose luego, los pernos, el asegurar la inamovilidad recíproca de las piezas.

Otras veces (fig. 517''), es una gruesa pieza de fundición, formada por un cuerpo de revolución, el cual lleva consigo, una serie de perforaciones ó cajas alternadas, las cuales reciben en su interior, los extremos superiores de los cuchillos. Estos se terminan en el mismo y en dicho su extremo con grueso palastro, al cual para más seguridad se prende una escuadra de hierro, fijada en su otra rama, en la pared del tambor que forma dicho cuerpo de revolución (1).

(1) Aunque de menor importancia, que el enlace precedente, las figs. φ, φ', φ'', φ''', nos ofrecen otra solución de la unión ó ensamble de varios pares, análogos al A, cuyos concurren al tambor central, quien los recibe á todos en el mismo cúspide de una cubierta piramidal ó cónica.

Cada uno de los pares A, tiene en su sección recta, la forma de T sencilla y colocada invertida, pero terminado en su extremo superior, con cabeza como espiga, armada de una entalladura ó muesca fig. φ', por la cual se introduce en el tambor ó linterna, á cuyo efecto, esta última, viene perforada con las aberturas en forma de rendijas para dar paso á aquellas piezas. Es de advertir que para facilitar la entrada de dichos pares, se cortan á estos las alas ó nervios de la T, en todo el trecho que interese la cabeza ó extremo superior destinado á alojarse en la linterna.



El enlace de los cuchillos con la pieza de arranque del muro de sostenimiento, así como lo concerniente á las correas, no ofrece dificultad, y ya hemos visto casos análogos en el curso de este libro.

*Cúpula esférica* (1) —Su disposición la representa la figura 518, la cual es la reproducción de la cúpula *du Val-de-Grâce*, construída por el ingeniero E. Gonin, ejemplo notabilísimo que puede tomarse como á tipo, de construcciones de esta clase. Compónese, según puede examinarse en la planta de la figura citada, de ocho cuchillos semicirculares, colocados, según los radios A-O, ó por mejor decir, de ocho semicuchillos levantados en los planos meridianos que parten ó tienen por trazas horizontales, los radios tales como A-O. Estos pares curvilíneos, son simplemente vigas de palastro compuestas de alma, cuatro cantoneras, dos superiores y dos inferiores, formando los nervios de la doble T, y luego reforzados estos nervios cada uno, con un contraplatillo, de dimensión 240×10 (milímetros), véase la fig. 518'' de detalle; las dimensiones de la plancha del alma son 330×10, mientras que las escuadras que constituyen las alas, tienen de medida $\frac{70 \times 70}{9}$; ahora como es de suponer todos los enlaces de estas piezas, se hacen fuertes valiéndonos de roblones, cuya separación en promedio es de $0^m$'120.

Ahora, todos estos pares curvilineos, son recibidos y ensamblados superiormente (fig. 518') á un cuerpo ó corona de forma de cono truncado, cuya superficie que lo limita, obedece á un grueso palastro de un centímetro de espesor, teniendo de altura dicho tronco de cono de $0^m$'510; el radio de la base

La puesta en junta, se hace bien presionada, mediante, la cuña horquillada fig. φ'', la cual retiene á la muesca del par contra la parte interna del tambor.

El grueso de la pared del cilindro de hierro de la linterna depende, como es consiguiente, del número y tamaño de las piezas que á ella concurren.

Finalmente, los platillos superior é inferior que cierran la linterna, están completamente retenidas con el vástago central ó eje C, prolongación del pendolón el cual recoje por medio de un juego de tuerca y tornillo.

(1) Rigurosamente esta bóveda no es esférica, se halla ligeramente apuntada, encontrándose los centros de los arcos á $0^m$'20 de distancia del centro de la bóveda.

superior $0^{m}'420$, mientras que el correspondiente á la base inferior tiene $0^{m}'396$. Sin embargo, este anillo ó corona viene además reforzado superior é inferiormente, por los dos hierros en escuadra B, B', cuyas dimensiones son $\frac{100 \times 100}{10}$.

Semejantes escuadras de refuerzo, distan entre sí, de $0^{m}'370$, esto es, la medida suficiente, para que entre ellas, se puede hacer peesa al extremo superior del par curvílineo D, ayudando también á ello las escuadras C, C'.

Las correas que ligan á esos cuchillos, están dibujadas en E, en la fig. 518 del conjunto, forman cada una de ellas, una suerte de cerco en el sentido de los paralelos de la esfera, y son en número de seis, su forma es simplemente plana de una escuadría de 130 × 10, y colocados sobre los citados cuchillos, conforme es de ver en el detalle de la fig. $518^{V}$, y en la fig. $518^{III}$ cual última en sección transversal *mn*, dado en la fig. $518^{V}$. También en dichas dos figuras de detalle, se evidencia, como se refuerzan los pares, y si se quiere se enlazan sus distintas partes, por medio de cubrepuntas G y piezas de doble escuadra H, cuales vienen colocados precisamente, en la misma dirección de las correas.

En el arranque, estos cuchillos, están enlazados (figura $518^{IV}$), mediante un hierro plano de 60 × 8, al paso que dichos cuchillos, están sujetados, entrando en unos cojinetes ó placas de fundición de $0^{m}'450$ de longitud, $0^{m}'340$ de ancho y $0^{m}'60$ de altura, embebiendo en el muro la mitad de este soporte, y fijándolo aun más, con pernos ó pasadores de empotramiento.

Mas la unificación de todas estas piezas, no concluye aquí, éstas se encuentran aun más aseguradas, introduciendo un sistema especial de arriostramiento, cuyos hierros que lo forman son planos y de sección recta 80 × 6, la primera agrupación ó sea el arriostramiento superior, está formado por los hierros $\alpha\beta\gamma$, afectando en su conjunto en la planta, el contorno aproximado de un cuadrado, mientras que en la proyección vertical, afectan las curvas $\gamma\delta$, $\gamma\delta'$,... etc., (cuyas vienen representando la mitad de este arriostramiento en el alzado, y su cuarta parte en la planta). El segundo arriostramiento, afianza la parte inferior, apareciendo en alzado, los hierros unidos, como la figura de una elipse *sro*, y en planta según la recta *pq*; así se logra eficazmente, hacer solidarias el conjunto de las correas y demás piezas con los



pares, aproximando todo lo posible los efectos, resultado de poder obtener, semejantes cuerpos reunidos, obrando cual si fueran una sola masa.

280. Bóvedas compuestas.—Hemos visto en la estereotomía de la piedra, como las bóvedas compuestas, se originan de la combinación entre sí, de las bóvedas simples, produciéndose las bóvedas de arista, en rincón de claustro, los lunetos, etc., etc., pues bien, dado los adelantos á que han llegado las construcciones cuya base principal es el hierro, resulta ser ya este aplicable para la formación de semejantes bóvedas, y con ello pueden resolverse, si cabe con más facilidad y ventajas, semejantes cuestiones, reduciéndose á más estrechos límites las superficies de apoyo, y por ende, más espaciosos y desahogados los locales que hay que cubrir, más ligeras las construcciones que se erijan, al paso que más facilidad y rapidez en el montaje, y sobre todo relativamente más económicas.

Tanto el hierro como la fundición, aplicadas siempre con creciente éxito, en la construcción de cuchillos de cubierta, por complicada que ella aparezca, aplicados también en los grandiosos puentes, en las cúpulas, rotondas, torres ó castillejos etc., etc., y todos cuantos asuntos que las necesidades pueda presentar, han de ser también aplicables á todas las exigencias que nacen de las bóvedas compuestas y, entre ellas, las formadas por ese tejido de nervosidades que vienen á constituir las bóvedas llamadas ojivales ó góticas, y que hoy, por cierto, ha decaído algún tanto su uso, empleando el material pétreo por las dificultades de montaje, tiempo y economía, circunstancias todas, que contribuyen á hacer ventajoso el material metálico, por el que podrán nuevamente reaparecer, aquellos prodigiosos tipos arquitectónicos que hicieron célebres los siglos de la edad media, especialmente los 13 y 14, por la gallardía con que se elevaban sus grandes naves, y que hoy sería dable construir aún, con más altura y esbeltez, presidiendo siempre, el mejor acierto y atinado empleo del nuevo material que ha cambiado la faz del problema constructivo.

Se comprende ahora, que pudiendo ser tan numerosas y variadas las aplicaciones del metal férreo, según fueran las disposiciones que aparezcan en la práctica, resulta no ser posible en un libro como el que nos ocupa, el representar detalladamente caso por caso, debiéndonos por lo tanto á con-

cretarnos, á consideraciones y ejemplos que sirvan solamente de guía, para el empleo subsiguiente de los cortes y enlaces, vistos en detalle en los capítulos anteriores.

El ejemplo notable que escogemos de bóvedas de hierro, dentro el género de las compuestas, es el referente á las bóvedas de la Iglesia de Notre Dame-de France, en Lóndres y en Leicester Squay, y cuyo autor es el arquitecto francés Mr. Boileau.

Este edificio, fué construído, en sitio tal, en donde de antiguo existía un circo, del cual se aprovecharon parte de sus paredes, conservando por lo tanto la misma forma circular, la Iglesia que se erigió.

En la L.ª 32, figs. 519 y 520, se representan la planta y alzado, este último en corte transversal de la Iglesia referida; por el examen de estos dos elementos, ya nos podemos hacer cargo de como admitido el pie forzado, de conservar las paredes circulares, y dado las dimensiones del recinto, hubiera sido excesivamente dispendioso, el cubrir este espacio, por medio de bóvedas de mampostería, cuales hubieran llevado de otra parte, á reforzar considerablemente el muro cilíndrico del dicho recinto al objeto de poder resistir el potente empuje de las bóvedas; así pues, se adoptó sin vacilar, recurrir á las bóvedas de hierro, y entre estas escogiendo las que se construyen teniendo por base esta serie de nerviosidades, que vienen á constituir como un cimbraje.

Resuelve Mr. Boileau el problema, de disposición de una Iglesia en planta circular, trazando dos diámetros perpendiculares en el círculo de la planta, dividiéndolos luego en tres partes iguales, trazando en seguida por los puntos de división cuerdas paralelas, dos á uno de estos diámetros, y dos al otro, de este modo, quedan dibujados dentro el círculo, cinco cuadrados iguales, formando una cruz griega, cuyo lado alcanza la medida de 8ᵐ'40, y en ellos se levantan, arcos apuntados ú ojivales, haciendo el oficio de torales, los cuales arrancan ó apoyan sobre el cimacio de los capiteles, correspondientes á las columnas ó apoyos que se disponen en los vértices de los cuadrados, que antes se han mentado, estos arcos torales, así como los ojivos son de fundición; más los primeros vienen ornamentados con dibujos y tracerías de la época ojival.

Estos arcos van además fijos, en otros tres puntos, de su curvatura, cuales son el 1.º á la cuarta parte del arranque,



en cuyo sitio lleva el nervio, un ensanche (fig. 521) en el cual se prende una pieza ó riostra *a*, la cual se fija en el montante *b* prolongación del apoyo inferior, efectuándose este enlace mediante un pasador ó tornillos, presionando fuertemente los platillos de ensanche de la parte exterior del par de una parte, y cogiendo de otra al nervio de la pieza montante, doblegándose en esta, para adquirir exactamente su forma.

2.º A la mitad de la curva de intradós, el par curvilíneo, lleva otro ensanche *d* (fig. 522) en forma de oreja, dispuesta en el estrados, y de la cual se prende un hierro tensor *c*, plano en su sección recta, el cual va á fijarse en la nervosidad, con que va armada la pieza vertical, prolongación del pilar inferior, véase también la fig. 523 combinada con la 522.

3.º Fijos también están los pares en su culminación, pues allí van á concurrir en una clave (fig. 524); cual si fuera esta, cabeza de pendolón ó lámpara colgante; este cuerpo viene á tener 0ᵐ'320 de diámetro por una altura de 0ᵐ'85, y en él van también á concurrir los nervios secundarios *f*, *f'*, *f''* (véase la fig. 520) etc., llamados cadenas, así como en él, del mismo modo descansa el hierro horizontal *h*, que enlaza los puntos culminantes de los arcos torales. Es de advertir que cada par se compone de dos piezas iguales, ensamblándose á junta plana de platillo y tornillos conforme es de ver en la (fig 522) en el sitio indicado por *d*. Semejantes torales, constituyen la parte más potente del sistema, tienen un radio de 5ᵐ'34 en el intradós, y en la parte más saliente, 5ᵐ 69, también en el intradós, pero contado desde el punto donde arranca ó empieza el relleno formando bóveda, dejando por lo tanto al nervio; visto en un vuelo de de 0ᵐ'35, que es lo que vuela aquel á partir del intradós de la bóveda, y finalmente, el radio correspondiente al estrados es de 5ᵐ'79, dejando por lo tanto un excedente de nervio en un grueso de 10 centímetros, para que en el resalto que afecte, pueda sostener la obra de relleno de la cubierta.

Por lo que respecta á los arcos diagonales ú ojivos, no se acusan de una manera franca y ostensible, en el intradós, como lo hacen los torales, únicamente sí dejan aparecer solamente, la parte inferior del nervio como unos 10 centímetros, ocultándose todo lo restante en lo interno del relleno de la Bóveda. El radio del intradós es de 6ᵐ'10; mientras que el del estrados, alcanza á 6ᵐ'50.

Estos arcos están dispuestos, bajo el punto de vista de su

construcción y aguante, lo mismo que hemos visto en los torales; así, cada uno de ellos, está dividido en dos partes, iguales en su longitud, y ensamblado con platillo y pernos conforme muestra la línea *xz*, de la fig. 526, y en esta misma figura, se descubre la barra del tensor la cual sostiene en este punto al cuchillo, mientras que el otro extremo de dicho tensor, va á buscar apoyo en el montante V, prolongación de la columna inferior, (véase la fig.528), la cual completa la anterior (fig. 526). Más de otra parte en la fig. 525, se demuestra la partida del arco de la cabeza del pilar, su ensamble con él, y la fijación del mismo en el montante prolongación del propio pilar.

Hácia la parte superior, viene el arco recibido por la clave S en forma de lámpara colgante, en la cual concurren igualmente las ligaduras ó cadenas, formando los nervios superiores ó cerviz de la bóveda, detalle de ensamblaje que evidencia la fig. 527. Estas ligaduras tienen la forma de una viga de igual resistencia, teniendo $0^{m}$'15 de altura en los extremos y $0^{m}$'20 en el centro, sobresalen algún tanto de la bóveda, como unos 6 centímetros. Esta bóveda descansa, sobre un nervio horizontal, para lo cual éste está cortado de modo semejante como se halla una doble T.

Para terminar la osatura general del sistema que cubre el recinto circular, se establece en los sitios ó espacios irregulares de los ángulos fuera del límite de la cruz, los arcos O, cuales van á encontrarse en el punto T, en una clave, semejante á las vistas anteriormente. Estos arcos son de medio punto, tienen el mismo radio que los torales, estó es $5^{m}$ 69. En el intradós, la bóveda de relleno, tiene un grueso de 0'40. Sus vértices están enlazados con los de los torales con el auxilio de hierros M, sosteniéndolos en su mitad un tensor O' fijado al montante vertical A'. Todo este sistema de nervosidades, está sustentado por agrupaciones de columnas colocadas en los ángulos de la cruz de la planta, y de tal manera dispuestas en cada agrupación, que existen cuatro de ellas alrededor de un macizo octogonal de obra de fábrica; además, á partir del abaco de los capiteles, se prolonga el alma de la columna, cuya, es también de fundición, hasta alcanzar en su altura, el tirante del armazón de madera de la cubierta, esta alma prolongada, viene afecta por medio de una cruz en su sección recta. Estas piezas en número de cuatro, y colocadas en el punto de encuentro de los dos grandes rectán-



gulos que forman la cruz, sirven conforme hemos visto para sostener las piezas de hierro que enlazan los vértices de los arcos torales en el sentido longitudinal, también en ellas se apoya el hierro que sostiene los extremos del tirante en general, así como para que también en las mismas prendan, las piezas tensoras de los arcos torales, diagonales y los tornapuntas. Dichos montantes, ya hemos visto van provistos en alguno de sus trechos por ensanches, los que facilitan la fijación de las distintas piezas secundarias, siendo ellos, ensamblados en el abaco de los capiteles, por medio de entalladuras y platinas convenientemente roblonadas.

Por último conviene tener presente, para que no choque esta construcción de hierro, con la construcción de madera de que está formada la cubierta; que hubo aquí el pie forzado para el arquitecto, de tener que conservar semejante cubierta, la cual ya formaba parte del antiguo edificio, que había de transformarse en la actual construcción.



# CAPÍTULO DUODÉCIMO

## ESCALERAS

281. **Consideraciones generales.**—Al tratar en este capítulo de las escaleras de hierro, nos limitaremos tan solo á pasar en revista los varios cortes que en ellas se emplean, así como las disposiciones de que se hecha mano para los enlaces, de sus distintas piezas; pasando por alto, todo lo que se refiera á las ideas generales de las mismas, ya sea con respecto á su división, formas, disposiciones y condiciones que han de llenar sus distintos detalles ó partes de que se componen, cuyas definiciones también, omitimos; por suponerlo ya visto y estudiado al tratar de la parte del curso que se ocupa de la Estereotomía de la piedra y la correspondiente á la madera. De todos modos, las disposiciones generales adoptadas, en las escaleras de piedra y de madera, son igualmente aplicables á las construidas de hierro, salvo como es natural, á las diferencias de detalle en los cortes, consecuencia natural del distinto modo de ser, del material metálico, comparado con el pétreo y el leñoso, resultando en gran número de casos, mucho más ventajoso el primero que los dos últimos. En primer lugar, permitiendo el hierro, fabricarse en piezas de relativas reducidas dimensiones, resulta muy á propósito, para establecer escaleras, en sitios, en donde el espacio sea muy limitado, pues tal puede ser este último, que no permitiera construirlo de madera, ni mucho menos de piedra, en donde los gruesos que corresponden dar á las piezas de dichos dos materiales, ocuparían sitio bastante para impedir el paso en cierto modo indispensable, ya en el sentido horizontal, ó ya considerado en el vertical, y si bien es verdad, los gruesos de las piezas de madera, pueden ser mucho



más reducidas que los de la piedra, en cambio, aquellas según el sitio en donde se construyan (escenarios de los teatros, almacenes, oficinas, etc.), están propensas á destruirse por los riesgos de un incendio, al cual además secundarían en la propagación del agente destructor; y ello hace resaltar otra ventaja no menos apreciable que se obtiene al adoptar el hierro, en sustitución de la madera, pues con su incombustibilidad, ofrece una garantía, digna de llamar la atención, al querer adoptar medios en número nunca bastantes en las contingencias de accidentes desgraciados.

Las escaleras de hierro son también las más á propósito, para las escaleras de servicio; las que comunican distintos altos de un almacén, en donde el traslado de cuerpos ó fardos sea muy frecuente; oficinas muy concurridas y situadas á distintos niveles, etc., etc. y otras dependencias análogas, las cuales en virtud del frecuente ó continuo uso, que en ellos hace la escalera, conviene el empleo de material poco voluminoso á la par que de gran resistencia para poder garantizar la solidez del sistema, y por lo tanto, seguridad perfecta, aparte de que resistiendo más al roce ó frotamiento que la madera, permanece más tiempo que ésta, incólume, al continuo servicio á que los peldaños están sometidos, no experimentando con tanta frecuencia el desgaste.

Mas considerando en la escalera, uno de sus detalles, quizá el más importante como á factura, esto es, la llamada *Zanca*; resulta que la construcción de esta última, cuando se emplea el hierro, es mucho más ventajosa y expedita que cuando se hecha mano de la madera; y en efecto, la zanca en escaleras de madera, sabemos que se compone de distintos trozos ó fragmentos, que unidos por testa y unos á continuación de otros, se van transmitiendo las cargas que sobre ellos pesan, teniendo necesidad para el debido mutuo enlace, de cortes muy precisos y laboriosos en su labrado, amen de emplear además armazones en que entra también alguna banda ó faja ó cinta de hierro, que auxilie mejor la trabazón. Obrando de este modo, se producen como á consecuencia gran número de juntas, las cuales están siempre expuestas á alterarse y quizá también á abrirse, según sea el grado más ó menos rápido con que la madera esté expuesta á secarse, resultando con ello un cierto alabeo para las superficies que informan el cuerpo de cada uno de los mentados trozos, perdiendo con ello algún tanto en la fuerza del conjunto, aparte de que co-

municando dicho movimiento á las testas de los peldaños, inmediatas del ojo de la escalera, estos peldaños tienden á inclinarse hacia á la parte del ojo, desnivelándose sus huellas, y dando con ello un principio de alteración general que puede ser en lo sucesivo, perjudicial en extremo, de no solventar de momento dicho contratiempo al presentarse, y dejarlo abandonado para que la acción del tiempo venga á lograr, que siga cundiendo en mayor escala semejante vicio, hasta exigir su más completa reparación ó también renovación. Se evitará semejante inconveniente, si se añade que las zancas de madera, exigen de sí un trabajo laborioso sino complicado en su montea, vendremos á inferir de como las escaleras construidas con hierro, superan en sus buenas condiciones, á las construidas con material leñoso; y en efecto, las zancas de hierro, pueden hacerse de piezas de mucha extensión, sin juntas, constituyéndolas extensas vigas de doble T, ó de simple T, también de hierros en U, y aun si se quieren de grandes hojas de palastro, recortado ó nó, según la línea quebrada del escalonado de los peldaños, y en este caso se añade la ventaja (dado que la zanca afecte forma curvilínica), de que una vez hecho el trazado recto del desarrollo. permite que éste pueda encorvarse, para arrollarlo luego, en la superficie que ha de informarlo.

Finalmente, aunque las escaleras de hierro, están generalmente destinadas para construcciones, de un servicio incesante, bastando para ello sean suficientes resistentes para defenderse del desgaste que acarrea un uso continuo, siendo por otra parte simples y en extremo sencillas en su dibujo; eso no obsta que en algunas circunstancias, se recurra á ellas para sitios de reconocida importancia, en donde aparece también el gusto artístico, en cuyo caso se saca del hierro gran partido para la decoración, por prestarse dicho metal, al sinnúmero de formas que surjan de la imaginación del artista.

Las escaleras de hierro pueden dividirse en dos grandes agrupaciones, según sea el estado en que se emplee el metal: así en la primera se colocan las construídas de hierro propiamente dicho; en general palastro, mientras que en la segunda están comprendidas las de fundición; las ventajas de esta última son de que prestándose al moldeo, pueden sus partes adquirir fácilmente cualquier forma, amen de que, necesitando gran número de piezas iguales, la obtención de



éstas es de suma rapidez y facilidad en la expedición de los trabajos de moldeo; se achaca no más el que este material resulta algún tanto quebradizo, no siendo por esta razón adaptable para las escaleras, expuestas á choques, percusiones ó golpes bruscos, como sucede con aquellas de servicio tal que tengan de dar paso, á objetos pesados, y cuyos movimientos en el ascenso ó descenso fuera de temer, chocaran con las piezas que componen el conjunto de dicha escalera.

Por lo demás, las escaleras de fundición, se emplean por lo regular en las llamadas de caracol, y cuyas dimensiones son relativamente exiguas.

También se construyen escaleras mixtas, esto es, combinando la madera con el hierro, y aun algunas veces combinando la piedra con el hierro, pero estas en general son raras, las veces qne se emplean.

Veremos ahora, pues, las combinaciones de los cortes y enlaces en los distintos casos que puedan ocurrir; empezando por el caso más general que se emplee exclusivamente el hierro.

En la fig. 529, L.ª 33, se representa la planta y un alzado de una escalera de ida y vuelta, de planta rectangular, compuesta de tres andanadas de peldaños, con dos mesillas de descanso A y B, y una meseta corrida y de desembarco C; cada uno de los peldaños, va numerado con el orden de prelación y de altura que les corresponde, teniendo en cuenta, que según las prescripciones impuestas para la mayor comodidad, cada una de las mesetas, se convierten aquí en *mesetas-peldaño*; esto es, que el plano horizontal de meseta se extiende además en toda la cantidad de superficie que corresponderia á la huella del peldaño siguiente, si es que éste se tuviera en cuenta al considerar pura y simplemente la meseta A y B cuadradas.

Cada andanada de peldaños está comprendida entre dos zancas Z, paralelas y gemelas, una de ellas, falsa zanca, empotrada en parte en la caja de la escalera, y la otra limitando el lado que corresponde al ojo de la misma. Estas zancas se forman aquí con hierros de doble T, de unos $0^{m}22$ de altura.

La huella *ab* y contrahuella *cd* de los peldaños (fig. 530), son aquí dos planchas de palastro, de las cuales la primera está acodada en sus extremos, y de tal modo, que en el extremo *a* del recodo es á simple ángulo, con ramal ó cola su-

ficiente para colocar el roblón ó roblones *a*, que fijen la pieza horizontal, con la vertical ó sea contrahuella, mientras que en el otro extremo *b*, que correspondería á la arista saliente del peldaño, el acodamiento lo constituye una suerte de superficie cilíndrica, imitando en su sección como la cabeza arqueada del puño de un bastón, la cual al revolverse sobre sí misma, contribuye á fijar la contrahuella correspondiente. Si ahora, concebimos, el escalonado formado por los peldaños así dispuestos, como adaptado en las paredes interiores del alma de la zanca y falsa zanca, y de modo que sus extremos encajen en los brazos interiores de las alas ó platillos de dicha zanca, podrán fácilmente hacerse solidarias con esta, recurriendo á los hierros en escuadra *e*, situados en los ángulos interiores, formados por las piezas de huella, y la zanca y falsa zanca, acudiendo como se supone al empleo de los tornillos y roblones, para la debida fijación de los brazos de las mentadas escuadras.

Falta ahora asegurar la separación constante de la zanca con su compañera la *falsa zanca*, y para esto, se echa mano de los pernos pasadores *f*, que se disponen de trecho en trecho, pasando aproximadamente por el centro de la testa de cada peldaño. En general, los tramos de esta clase de escaleras se terminan por una superficie plana y lisa hácia la parte inferior, quedando oculta la osatura interna del intradós, y á este efecto, se rellenan los huecos internos, con una urdimbre ó forjado, contribuyendo á su fraguado y sostenimiento, unos hierros traveseros que se apoyan en lo saliente de las alas inferiores de las zancas; recibiendo luego, el revocado, la parte plana del intradós que así resulta.

Para la completa comprensión de esta estructura en la construcción de la andanada de peldaños, se amplía el dibujo con la fig. 530′ sección transversal dada á lo largo de la línea AB.

Las mesetas, como por ejemplo la B, se construyen con mucha facilidad, cual se haría con el techo más sencillo; así el cuadrado de base, lo forman cuatro hierros, 1.° el *n*, vigueta doble T, embebida en la pared de caja y cuya altura es de $0^{m}$'18 2.° la *q*, también empotrada en el otro lado de la caja, es una vigueta de doble T y de $0^{m}$'22 de altura. 3.° la vigueta *r*, de doble T, de $0^{m}$'22 de altura y empotrada en su extremo su hierro todo el grueso de la pared de caja, de modo á formar esta pieza vuelo de báscula; y 4.° la pieza *m*, simple hierro



plano. Estas cuatro piezas así horizontales, se enlazan entre sí en los ángulos, por medio de hierros de ángulo, los cuales, interesan también cuando conviene; en las mismas zancas, todo tal como muestra la planta (fig. 529) en donde están dibujadas las escuadras. Ahora, el espacio que forma este cuadrado se va ocupando, por otros hierros *t*, de menor escuadría que los primeros, y sobre los cuales se apoyan; dicho hierro *t* puede ser una vigueta de $0^{m}$'08 de altura.

Se comprende ahora, que sobre este lecho formado por estas últimas piezas, vendrá á descansar el piso de la meseta horizontal, que podrá estar constituído por una plancha de palastro, de grueso igual, al empleado en las huellas de los peldaños. La fig. 531 nos muestra un ejemplo perspectivo de la disposición de esta meseta.

Análogamente, aunque con mayor extensión se construirá la mesilla corrida C, que corresponde al desembarco; las piezas horizontales $\alpha\beta$, $\beta\gamma$, $\alpha\delta$, todos hierros de doble T, de $0^{m}$'22 de altura, cerrarán junto con el correspondiente lado de caja de la escalera, el rectángulo $\alpha\beta\gamma\delta$, que será el contorno de dicha mesilla, sobre ellas se apoyarán ahora, las otras piezas de doble T, de menos escuadría, pues podrán tener de altura $0^{m}$'08; estas últimas viguetas, irán fijas dos á dos, por medio de tirantillas ó pernos pasadores, expresados en las letras *h*, *i*, *j*, *k*, *l*, empleando para los enlaces de todas las piezas antedichas, hierros en escuadra, conforme muestran expresados en la planta general de la escalera. Ahora, conforme dijimos al tratar de la simple meseta, sobre el lecho preparado con todos los indicados hierros, se colocará definitivamente el solado de la mesilla, el cual puede ser plancha de hierro, ó el material que se crea más conveniente.

*Otra disposición de peldaños.*—Se observará en la solución que acabamos de ver, que la contrahuella ó altura de los peldaños, está ligeramente inclinada, no siendo por lo tanto vertical, adoptándose semejante disposición, á fin de ganar más espacio para la superficie horizontal de la huella, máxime aquí, que el recodo en *a*, que afecta dicha huella, tiende á achicarla algún tanto; sin embargo, semejante obstáculo desaparecerá con la solución de la fig. 532, en donde dichas alturas de contrahuella son verticales.

En esta segunda disposición, la zanca la forma una gruesa plancha de hierro, cortada superiormente en *cremallera*

(fig. 532); esto es según el escalonado *a b c d*, etc., de los peldaños; si bien inferiormente sigue la línea de pendiente general *ef*, ahora las huellas *bc*, descansan sobre los bordes horizontales de la cremallera, al paso que las contrahuellas *cd*, se adaptan verticalmente á los cantos verticales de la misma; en semejante disposición, un hierro en escuadra *h* hace solidarias, con auxilio de tornillos, las tres piezas, esto es, la zanca, la huella y la contrahuella. También otro hierro de ángulo en escuadra *i* enlaza perfectamente la huella *ab*, con la contrahuella *cd*, en el extremo interior cuando se produce el vértice del ángulo saliente. Finalmente, los pernos pasadores *j*, *j'*, etc., aseguran que la separación de la zanca y falsa zanca, sea constante.

Este sistema de escalera, va generalmente vista por su parte interior, no empleándose, el relleno ó forjado del caso anterior.

Falta tan sólo, para terminar la construcción de esta escalera, la colocación de la barandilla ó antepecho de defensa, para el viandante de la misma. Esta clase de barandilla, pueden ser de muy variadas disposiciones, que dependen de su dibujo é indole de construcción.

Suponiendo aquí en este caso particular, que se compone de simples barrotes ó montantes *a*, *b*, *c*, *d*, etc., (fig. 533), éstos ó bien pueden ir directamente ensamblados, con la parte superior de la zanca, como los *a*, *b*, *c*, por medio de una platina ó llanta *mn*, inclinada y descansando sobre la misma zanca, cual disposición se llama á la española; ó bien, la barandilla no lleva solera ó platina inferior, y entonces los montantes ó balaustres *e*, *f*, etc., van fijos directamente, hacia la parte lateral de la zanca, disposición esta, llamada á la *inglesa*.

En ambos casos, termina la baranda por la parte superior con la pieza llamada *pasamano*, representada en AB, que suele después recubrirse, con otra pieza de madera llamada el *contrapasamano*, la cual, amén de dar más importancia á la construcción si es que el caso lo requiere; ofrece más apoyo y suavidad á la mano del viajero, el cual puede cogerla con más superficie de contacto, y desprovistas de aristas, pues en general los contrapasamanos de madera, terminan siempre en superficies curvas.

En el primer caso pues, cuando la escalera es á la española, los montantes ó balaustres, van completamente comprendidos entre las dos llantas *mn*, AB paralelas á la dirección



de la pendiente de la escalera; ahora entre estas dos llantas paralelas, van remachados los balaustres en sus extremos, por medio de unas puntas salientes, que se redoblan después de introducidas en los agujeros practicados en dichas llantas ó platinas

Con respecto al segundo caso, esto es para los montantes *e*, *f*, etc., estos generalmente son cilíndricos-redondos (unos 16 á 20 milímetros de diámetro, con separación unos de otros de $0^{m}{'}16$ por término medio); conocidos con el nombre de *cuello de cisne*, semejantes balaustres, se encorvan inferiormente según un pequeño arco circular (de radio aproximado $0^{m}{'}06$), llevando un ensanchamiento de $0^{m}{'}15$, para facilitar mejor, el enlace y este haga más presa en ambas piezas (véase la fig. 534); ahora es cuando puede sujetarse el balaustre por este su dicho extremo inferior, haciendo dicha sujeción por el interior de la zanca, con el auxilio de una tuerca, que penetra en el extremo del barrote, convenientemente fileteado.

Cuando la escalera es de alguna importancia, se suelen colocar en los extremos de barandilla ó balaustrada, esto es al empezar y terminar dicha escalera una columna ó pilar (fig. 549'', L.ª 34), que por lo regular es de hierro fundido, en atención de ir acompañada con molduras y algún ornato, teniendo por objeto sujetar dicha barandilla y dar solidez al conjunto: se fijan por lo regular en un fuerte sillar ó sobre el primer peldaño, que se construye de piedra, haciendo esta fijación por medio del plomo, y en su cabeza descansa el pasamano; por lo general remata en un adorno ó esfera ó pomo de latón, porcelana ó cristal.

*Escalera á la molinera.*—En extremo sencilla es esta clase especialísima de escaleras, usadas no más, en los almacenes, talleres, fábricas, etc., y en general en todo establecimiento en donde haya mucho movimiento durante el trabajo y sea necesario practicar la limpieza del local con mucha frecuencia: no hay contrahuellas en la escalera á la molinera, y si solamente simples huellas *ab*, (figs. 543 y 543' L.ª 34), cuyas son palastro estriado, con el objeto de resistir más al resbalamiento; estas planchas horizontales se ensamblan con las caras internas de las zancas, por medio de hierros de ángulo y roblones, ó tornillos, indicando dicho enlace en *c*, por lo que podrá observarse como dichas escuadras en sus extremos, vendrán cortadas según la misma pendiente que

llevan las zancas, al par que estas últimas aquí en este particular caso, las constituyen hierros en C, indicados en *b*-AB, cuyas ramas horizontales de la C ó semiplatillos de semejante viga, caen hácia al exterior de la escalera. Los barrotes de la barandilla suelen fijarse por lo común, sobre dichos semiplatillos superiores de la zanca, ya roblados ya también con tornillos. Otras veces dicha zanca sólo la compone el simple nervio del hierro, prescindiendo de los platillos, y en este caso, los barrotes ó bien terminan enlazados en una llanta colocada sobre la zanca, ó bien se suprime esta llanta, y aquellos se ensamblan directamente con la cara lateral exterior de la zanca, ya por medio de ensanches y tornillos, ya también encorvando inferiormente los montantes en forma de *cuello de cisne*, y pasándolos en rosca y tornillos á la misma zanca en su parte lateral; y aún otros tantos medios, cuya enumeración sería por demás prolija. En este ejemplo de la fig. 543, se supone que la escalera concluye en una meseta M formada por hierros D, de sección de doble T, empotrados por un extremo en el muro, mientras que por el otro extremo ensamblan con el hierro en C horizontal, que mantiene constante la separación de las dos zancas hacia la parte superior, á la par que sirve de altura de la meseta; estos enlaces se verifican por medio de las planchas de ángulo F y G.

Otra escalera análoga á la anterior, es el ejemplo que nos ofrece la fig. 542, por lo tanto no hay tampoco en ella contrahuellas, su construcción está reducida á que las dos zancas, son dos gruesas planchas A, cortadas según el escalonado de la escalera, esto es, según cremallera, dejando tan sólo en el ángulo entrante *a*, una entalladura *abcd*, de ancho igual al grueso de la plancha estriada de palastro *bc*, que ha de servir de huella, colocada ya esta última entrando en sus dos lengüetas y apoyándose sobre los cantos horizontales de dichas zancas, en el escalón que le corresponda, y haciendo que vuelen algún tanto de las caras exteriores de dicha zanca, se fijarán luego con los hierros de escuadra *fg*, cuyas ramas, la una sirve para ser fijada en la parte inferior de la huella que corresponde al vuelo, y la otra para ser atornillada en la cara lateral exterior de la mentada zanca; como se infiere, resulta una escalera muy sencilla y elemental, para darle el mismo empleo que la llamada á la moliniere.

*Peldaños á la francesa.*—Estos tienen las huellas y contrahuellas de madera, y de hierro la zanca. Partiendo de este supuesto, son varias las disposiciones de que puede echarse mano, citaremos solamente tres de ellas como más principales y las más corrientes, para las casas particulares.



En la primera disposición (fig 535, L.ª 33) la zanca A está terminada en cremallera, esto es, siguiendo el recorte del escalonado; y la constituye una plancha de hierro de unos 6 á 8 milímetros de grueso; las dos zancas, están fuertemente sujetas, para asegurar su equidistancia, por hierros en escuadra *a*, especie de cantoneras, que al mismo tiempo sirven de apoyo, á los extremos interiores de las huellas de madera *b*, mientras que de otra parte, se les trasmite mediante la presión que sobre dicha escuadra hace la contrahuella, el peso producido por el viajero. También son hierros en escuadra *c*, los que enlazan los peldaños con las zancas. El grueso de las huellas de madera suelen tener unos $0^{m}$ 054 de espesor, y las contrahuellas $0^{m}$ 027. Mas á fin de asegurar mejor la plancha de palastro de las zancas, se las suele reforzar en su borde inferior por una cantonera *d*, hacia la parte interior; la sección dada en *mn* de semejante enlace, se demuestra en la propia fig. 535, con la cual nos podemos también hacer cargo, que los medios de fijación de las cantoneras con la madera del peldaño, son tornillos que quedan embebidos en la misma madera.

La segunda disposición representada en la fig. 536, las zancas son dos vigas de doble T, construidas de palastro con cantoneras superiores é inferiores, formando los platillos ó nervio de la pieza. Descansando sobre el platillo inclinado superior, se dispone un hierro de sección cuadrada *abcdefg*, etcétera, cortado en cremallera, imaginando el escalonado de la escalera en cuestión, aunque algún tanto achaflanado en los sitios, en que haya de asentarse en dicha zanca, pues así tiene el debido apoyo; ahora sobre las distintas partes de esta cremallera, se irán asentando sucesivamente las huellas de madera, en las ramas horizontales, y las contrahuellas de madera sobre las ramas verticales, y una vez verificada esta operación se fijarán por medio de los tornillos *p*, cuales una de sus cabezas, quedará completamente empotrada en la madera. Las huellas y contrahuellas van ensamblados aquí á ranura y lengüeta.

En la tercera disposición (fig. 537) los peldaños están colocados entre las dos zancas, siendo las escuadras de hierro

*a*, las que enlazan por medio de tornillos dichas huellas con el palastro de las zancas; el sistema de enlace es, pues, sumamente elemental.

*Peldaños mixtos* de madera y hierro (fig. 538). En este caso, las huellas son de madera, en general de roble, y de un grueso de unos 6 centímetros; mientras que las contrahuellas son simples hierros ó planchas verticales *a*, de 4 milímetros de grueso, ensambladas á ranura y lengüeta con la madera de la huella. Estas contrahuellas van enlazadas á su vez, con la parte lateral de la zanca con el auxilio de escuadras *b* con sus tornillos. La zanca está cortada aquí en cremallera, es plancha de palastro de unos 8 milímetros de grueso y como quiera que puede formarse de varias secciones y éstas hay que empalmarlas, se recurre para ello y de trecho en trecho á una plancha *cubre-juntas* c.

También de distancia en distancia hay abiertos en las zancas los orificios *d*, los cuales sirven para disponer los tornillos que han de fijar, los barrotes de la barandilla en la propia zanca, amén de que á trechos mayores, se aprovechan también para disponer barras ó tirantes horizontales que aseguren la separación de las zancas, y las hagan solidarias con el conjunto de dicha escalera.

Otra solución nos la representa la fig. 539, la zanca A, cortada en cremallera, es de un grueso de 6 milímetros, esto es, de un poco más de espesor que la precedente, porque en ella se han de fijar un número mayor de tornillos, para la instalación de los hierros en escuadra B; cuales son de dimensiones de $\frac{40 \times 40}{5}$, y se encuentran siempre disponibles en las casas de fabricación ó almacenes; estas escuadras irán de intermediarias en el enlace de la huella de madera C, con la indicada zanca, así como también de ésta con la contrahuella formada por chapa de palastro de 3 milímetros de grueso, la que ensambla verticalmente, con dos huellas consecutivas, por medio de ranuras en éllas practicadas.

Los orificios P de 15 milímetros de diámetro, son destinados para alojar los tornillos y pasadores, para hacer solidaria la baranda con la zanca, á la vez que para asegurar la separación de las dos zancas.

Un ejemplo de aplicación de hierros en escuadra y de brazos desiguales, para que ellos formen la contrahuella, nos lo ofrece la fig. 540, estos hierros están señalados en A; su



rama ó brazo mayor sirve de contrahuella y su brazo menor sirve de apoyo á la huella inferior, la cual cabalga sobre aquélla; ahora las otras escuadras B, se encargan como en los anteriores casos del enlace, de estas huellas y contrahuellas con la zanca C, la cual como se ha dicho, viene aquí cortada en cremallera, á la vez que reforzada inferiormente con una escuadra D. Téngase en cuenta aquí como en los demás casos, que las zancas, pueden ser formadas en distintas piezas y luego convenientemente empalmadas, y así según sean dichos trechos ó extensión en que se empleen, así también será su grueso; así para un trecho de $1^{m}$'10, su espesor puede ser de 6 milímetros, para un trecho de $1^{m}$'40, su grueso será de 7 milímetros, etc., y así aumentando el espesor á medida que la extensión sea mayor, ó también que esté sujeta á sufrir muchas perforaciones, para la introducción de tornillos, según sean las disposiciones que se adopten.

Otras veces (fig. 541) desde la parte inferior de las contrahuellas penden una suerte de hierros A, como si fueran cinchos ó ganchos, los cuales mantienen en suspensión, los cuadradillos B, base principal del relleno ó urdimbre, que constituye el forjado del intradós de la escalera. La fig. 541' representa una perspectiva de la contrahuella, en la cual figuran de trecho en trecho las mencionadas bandas A, así como las escuadras C, que enlazan dicha contrahuella con la huella, así como la escuadra D, que hace solidaria esta misma contrahuella con la zanca.

Para su mejor comprensión la fig. 541'' muestra una vista perspectiva del enlace de las contrahuellas con la zanca.

La fig. 548, nos ofrece otro ejemplo de escaleras en que son de madera las huellas, y de hierro la contrahuella. Las zancas A, son palastros de 5 á 7 milímetros de grueso, estas planchas están cortadas superiormente en escalonados ó cremallera, y á ellas se ensamblan hacia su parte interior las huellas D (construídas en general de madera de roble, de un grueso de $0^{m}$'054) con el auxilio de los hierros de ángulo B; cuyas dimensiones pueden ser de $0^{m}$'040. También queda enlazada á la propia zanca, la pieza de hierro destinada á la pieza de la contrahuella, y así otra escuadra C, de dimensión $0^{m}$'080, se encarga de verificar este segundo enlace.

Del propio modo se unifica la huella y contrahuella, echando mano de tres hierros en escuadra E, de dimensión $0^{m}$'040.

Aquí se reproduce el sistema anterior del relleno ó urdimbre interior recurriendo, á las correas colgantes (hierros de $0^{m}'035$) cuales recogen á la pieza de lecho G, pieza cuadradillo de $0^{m}'008$.

También pueden construirse, peldaños mixtos combinando piedra con hierro, siendo construida con el primer material la huella, y con el segundo la contrahuella; la fig. 544, L.ª 34, nos ofrece un ejemplo de dicha clase, dichas huellas de piedra tienen unos 6 centímetros de espesor y apoyándose en la contrahuella de hierro, formada por una escuadra de ramas desiguales cuyas dimensiones son de $\frac{100 \times 60}{10}$ (milímetros), mientras que hacia la opuesta ó posterior, recibe dicha misma huella el apoyo de otra escuadra de brazos, iguales cuyas dimensiones son $\frac{70 \times 70}{10}$; ahora ambos hierros de ángulo, están enlazados á su vez, mediante un simple hierro plano, sólidamente atornillado en sus extremos, en cada uno de los brazos horizontales de dichas escuadras. También aquí se emplean, otros hierros de ángulo para el enlace de la contrahuella con la zanca, y la de ésta con la última escuadra de apoyo; finalmente en esta, y en varios de sus trechos cuelgan las péndolas, que como en el caso anterior, va á apoyarse el cuadradillo, base fundamental del apoyo del forjado.

Otro ejemplo nos ofrece la fig. 545 de peldaños de piedra, pero aquí son de este material tanto la huella como la contrahuella, cuales dos piezas pueden estar enlazadas á simple caja y espiga, ó por medio de una falsa espiga de hierro. Las huellas descansan sobre las dos zancas terminadas en cremallera, y á la vez sobre hierros ó viguetas de doble T, de 8 centímetros de altura, cuyas sirven á la vez, para garantir la equidistante separación de las zancas, con cuyas están enlazadas mediante hierros de ángulo.

También en algunos casos se construyen peldaños mixtos, siendo el cuerpo principal de mampostería, y luego reforzada esta, en sus aristas, por medio de piezas de hierro, así en la figura 546 tenemos un ejemplo de esta clase, el refuerzo consiste aquí en una faja de hierro en escuadra ABC, de ramas iguales, bastante gruesa, cuyas dimensiones pueden ser $\frac{40 \times 40}{5}$; ahora sobre la parte delantera de esta escuadra, se adiciona un grueso filete cilíndrico, en forma de media caña D, de $\frac{30}{15}$, la cual se la sujeta por un tornillo E; además para asegurar mejor la escuadra con el macizo del peldaño, se adjunta á aquella, y en su parte media de la rama horizontal, mediante un tornillo F, una pata ó vástago de hierro M, el cual se interna una de sus ramas, en la mampostería para formar cuerpo con ella. Esta clase de escaleras van comprendidas entre dos muros, y en ellos se empotran los extremos de la faja de escuadra ABC; en cuanto á las aristas con que terminan los brazos de dicha escuadra, uno vertical y otro horizontal, se hace por lo regular que vayan ajustados con un buen cemento, que formará así la huella del peldaño por una parte, y de otra la contrahuella, mediante un ligero acuerdo en caveto que sea tangente á la altura del peldaño. Esta clase de escaleras, son á propósito para el servicio de fábricas, talleres, sótanos, etc., y demás dependencias en donde haya de tener lugar gran movimiento y trabajo.



Otras veces, para reforzar los peldaños, construídos de obra de mampostería, se refuerzan con hierro, y al efecto (fig. 547') se disponen de unas fajas de hierro *bac*, que afecte la forma de una pequeña escuadra, aunque formando cuerpo con ella, un cuarto bocel; este hierro de la longitud del peldaño, se adapta á la arista salienta de este, y va sustentado hácia una parte, en el empotramiento del muro en donde la escalera vaya adosada; y de otra, descansa sobre otro hierro de sección cuadrada A, (fig. 547) cortado en cremallera, insiguiendo el escalonado de los peldaños; fortificando de ese modo todas las aristas salientes, que construidas con semejante disposición se oponen más al desgaste, tanto en la parte de frente del peldaño; como también hácia el paramento del muro lateral; amén de que este, sale mucho más garantido en la inamovilidad de las piedras que lo forman. Como quiera que el hierro especial *bac*, alcanza no más una extensión insignificante, hácia la extensión de la huella, de aquí que se supla el desgrueso *bd*, que queda, después de colocado aquel por medio de una buena obra cementicia; este dicho hierro, va enlazado con el macizo de la mampostería, con auxilio de otro hierro B, empotrado en aquel muro; revocada y ultimada así luego la escalera, muestra la apariencia de piedra tal como indican las figuras 546 y 547.

*Zancas*.—Ya hemos hablado de ellas aisladamente, en algunos casos en que ha sido preciso su aplicación; sin em-

bargo estableceremos ahora algunos pormenores más sobre las mismas, si quiera sea para hacernos cargo de sus distintas variaciones.

1.° *Sección rectangular.*—La zanca más sencilla, la constituye una simple plancha ó hierro plano (fig. 550, L.ª 35) de un grueso que puede fluctuar de 5 á 10 milímetros, y de altura de 20 á 40 centímetros, (según sean las dimensiones de la escalera; téngase ahora en cuenta, que el espesor de 10 milímetros es el máximum; pues si tuviera el hierro un grueso superior, sería ya difícil y engorroso trabajarlo, ya en su perforación, ya con los instrumentos de desgaste, ya también en los trabajos de enlaces con otras piezas. Cuando se desee mayor resistencia, entonces se emplean.

2.° Hierros en C, (fig 551) colocados verticalmente con las alas hácia al exterior.

3.° Hierros en C, (fig. 552) pero formados de tres piezas, esto es, alma y dos cantoneras.

4.° Hierro de T sencilla generalmente invertida, para reforzar la parte inferior, y al mismo tiempo contribuye al sostén del relleno.

5.° Hierro de doble T, (fig. 553) dado ordinariamente en el comercio, ó bien también si se quiere, compuesto de 5 piezas de palastro, estas son, una alma y cuatro cantoneras angulares, dos superiores y dos inferiores, (fig. 554) estos dos casos los hemos visto aplicados ya en las figs. 530, 531 y 537 sin embargo, el último, esto es, cuando se emplee la zanca de palastro, lo ampliamos con la fig 549 en donde además se dibuja, el enlace de los tramos con la meseta de descanso, así se ve que las zancas inclinadas están ensambladas con la zanca horizontal de la meseta, por medio de las chapas de cubrejunta A y B, fuertemente robladas. Vigas de palastro C y C', prendidas con escuadras y roblones, á las anteriores chapas, y con tornillos superior é inferiormente, á la plataforma de la meseta y á las alas de las dobles T, de la zanca; prestan apoyo á dicha meseta, además de la vigueta intermedia D, de menor dimensión que aquellas, aunque también de palastro y sujetada igualmente con hierros de escuadra en el alma de la zanca horizontal. Más como quiera que la meseta D, se extiende hasta H, pues es de las conocidas por *meseta peldaño* (esto es que además de la longitud de la meseta su plano horizontal se prolonga de la cantidad igual á la que tiene la huella de un peldaño, esto es 34 centímetros), de aquí porque, se empleen los hierros de ángulo E, F, G, que convenientemente combinados sostienen dicho trecho de meseta, para lo cual van ellos sujetos con roblones y tornillos á las caras interiores de las almas de las vigas de zanca. Empléanse también estos hierros con idéntica disposición para reforzar de trecho en trecho el tramo de que se trate, quedando de este modo aún más asegurada la equidistancia de las zancas paralelas, que corresponden á dicho tramo; tales son las piezas que de igual naturaleza se ven dibujadas, (fig. 549') en *m, n, p,* á poco de empezar á desarrollarse el primer tramo. Para la mejor comprensión de la estructura á que da lugar la combinación de piezas de la meseta, se produce la sección ó corte horizontal XZ, visto en planta en la fig. 549'.



Termina la zanca, en el mismo arranque de la escalera, por una como zapata JK, cuyo platillo ó pie, descansa directamente, sobre el macizo ó base en donde estriba el primer tramo, á cuyo efecto, tornillos se encargan de asegurar dicho pie, quedando aquellos empotrados en dicha base.

La barandilla ó antepecho de la escalera, viene sujetada por pilares P, y *p*, los primeros mayores y de más importancia que los segundos, pues que cada dos de ellos, comprenden y aseguran el trecho de barandilla que corresponde al tramo correspondiente, disponiéndose de modo, que cada uno de estos pilares, vengan á descansar sobre las piezas análogas á las C y C'; en cuanto á los segundos *p*, de mucha menos escuadría que aquellos, y fijos sobre el platillo superior de la zanca, conforme es de ver en el dibujo, tienen por objeto dividir el tramo de baranda, en compartimientos más pequeños y así obtener más trabazón, dado que el trecho de dicho tramo, sea considerable.

6.° *Combinación de la madera con el hierro.*—Muy frecuentemente se combinan estos dos materiales para la construcción de la zanca, y entonces estas se llaman *mixtas*. En Francia, es muy común el empleo de la madera para la construcción de escaleras, y allí se comprende se tratara de combinar el material leñoso con el hierro, toda vez que este último, presta á aquella mayor rigidez y así dá más garantía que la pieza que de su composición resulte, no se altere en su forma, cual accidente aparece muy á menudo en los cuerpos constituídos por sólo la simple madera. Son varias las disposiciones que se pueden adoptar, para la formación del cuerpo de la zanca dado que se empleen combinados dichos dos ma-

teriales: así dicha zanca puede ser toda de madera en su cuerpo L.ª 35 (fig. 555) y forrada toda ella con una plancha ó coraza de hierro, prendida por medio de pasadores y tornillos; otras veces, cuando la zanca haya de tener bastante altura, se emplean dos piezas de madera A y B (figs. 556 y 557), que forman las partes superior é inferior del cuerpo de zanca, dejando entre ellas un hueco C, que aligera dicho cuerpo, y luego garantizan su constante separación en altura dos planchas de hierro D y E, que sirven de paredes ó costados de la zanca; la primera D, destinada á la parte exterior y menos gruesa que la segunda E, correspondiente al interior, siendo hacia este lado, que recibe los ensambles de las piezas anexas á la escalera, mientras que la primera, queda completamente indemne de dichos enlaces.

Un ejemplo de aplicación de una zanca mixta, nos lo ofrece la fig. 558 en ella vemos como los peldaños vienen enlazados con la zanca, por medio de escuadras de $\frac{40 \times 40}{5}$ y á razón de dos, para cada peldaño; la una *a*, para el enlace de la huella, y la otra *b*, para la altura echando mano de tornillos auxiliares, siendo las huellas de madera; y de hierro las alturas, constituyéndolas láminas de palastro de 4 milímetros de grueso. La fig. 558′ es una vista de esta escalera en el sentido transversal de un tramo, y considerada en su parte inferior ó de intradós. En la fig. 558″ se demuestra, en una mesilla corrida, como viene sustentada la zanca horizontal A; con este motivo, se echa mano de una pieza armada compuesta de dos vigas de doble T, cuales son las B y C, distantes una de otra de 0m'140, y tienen de altura 0m'160, ambas reunidas en sus platillos superiores é inferiores, por dos hierros planos D y D′, ligeramente acodados, formando cada uno la forma de una letra U muy achatada y colocada horizontalmente, directa la inferior, é invertida la superior; además aseguran la equidistancia de estas dos vigas, tornillos pasadores E, cuales las retiene con fuerte presión, y esto tanto más, en cuanto que se coloque una pieza de madera F, entre las dos vigas antedichas, formando así un sólo cuerpo las tres piezas indicadas B, C y F; así esta pieza compuesta, forma una potente viga, que descansa en las paredes de la caja de la escalera, situadas en sentido perpendicular, á la dirección de la zanca horizontal de la mesilla corrida. Ahora como dicha pieza compuesta ó armada, se



coloca muy próxima á la zanca, esta puede apoyarse con la primera, echando mano de los tornillos pasadores G, H.

7.º. *Zanca armada.*—Con el objeto de que la construcción tenga la apariencia de piedra, se suele en muchas ocasiones, revestir de cemento el núcleo de la zanca (fig. 559) en donde se ve que el alma de la zanca, es como una vigueta de doble T formada con alma y hierros de ángulo, armada esta pieza de clavos especiales y bastante salientes, cuales son á propósito para servir de base al apoyo del material cementicio, el cual viene fuertementemente agarrado en aquellos; puede luego revestirse el cuerpo que así resulta, con una capa ligera de estuco imitando piedra.

8.º *Zanca en cremallera.*—Las forman, simplemente planchas de palastro de 5, 6 ó 7 milímetros de grueso, recortadas por la parte superior, según el escalonado de los peldaños, circunstancia esta última, que ha dado el nombre de *cremallera* á semejante sistema; de todos modos, en el encuentro de la huella con la altura del peldaño, la zanca ó palastro ha de venir recortado, según la contraplantilla, de la moldura que lleve la arista saliente de dicho peldaño. Las figs. 560 y 561, demuestran dos ejemplos de zancas de esta clase.

Cuando varios trechos de zanca hayan de enlazarse, puede adoptarse entre varios medios los dos representados en la (fig. 562) la primera solución, lo es una simple junta recta A; mientras que la segunda algo más complicada, se compone de una doble junta B, la cual en sus distintas direcciones y el rediente que las divide, presta más adherencia, la cual se opone á la separación; en ambos casos se echa mano de cubrejuntas también de palastro, como vienen indicadas en los mentados dibujos, y ellas se afianzan, ya sea por medio de tornillos, ó ya también con el auxilio de roblones, conforme es de ver en los agujeros designados en las mismas.

**282 Escaleras de fundición.**—Se comprende desde luego que componiéndose una escalera de piezas iguales, cuales son los peldaños, estos se prestan al moldeo, resultando así el trabajo ventajoso, una vez en posesión del modelo por el cual se han de regir aquellas piezas, amén de que, con dicho moldeo, es susceptible el peldaño de admitir toda clase de formas. Sin embargo, si bien se considera, no resulta muy conveniente el que en esa clase de escaleras, sean de bastante longitud los peldaños, hecho mérito de lo quebradiza que resulta la fundición

en general, así es que por lo regular, esa clase de escaleras, tienen conveniente empleo, para anchos reducidos, y muy principalmente en las escaleras circulares llamadas de caracol. Conviene siempre que en las huellas de los peldaños, se establezcan estriados, cuales impidan toda suerte de deslizamiento para el viajero que suba ó descienda en la misma. Los peldaños, aunque huecos, pueden estar fundidos cada uno en una sola pieza, esto es la huella, la altura, y las testas formando un sólo cuerpo (no es muy general esta disposición); pueden las huellas formar cuerpo separado de las alturas y suprimir las caras de testa, dejando á la vista lateralmente el interior del peldaño; pueden ir con ó sin zanca (cuando hay zanca, esta es de palastro); y finalmente, es muy común que para aligerar la escalera, se construyan los peldaños solamente con huella, prescindiendo de la altura ó contrahuella, quedando completamente hueco el delantal del peldaño; del propio modo, queriendo aligerar el peldaño, se practican dibujos perforados, ya en la huella, ya también en la contrahuella, si se deja ella de manifiesto. Pasaremos someramente en revista semejantes disposiciones.

*Escalera colgada.*—Se trata de una escalera de tramo recto, empotrada en un muro de caja, yendo al aire las testas opuestas de los peldaños, para con relación á las testas empotradas. Entonces los peldaños se disponen con arreglo á la fig. 563 cada uno de ellos es de una sola pieza, y dos á dos están en contacto con las juntas *ab*, *cd*, armadas por medio de dos colas ó ramales, la una dispuesta á la extremidad de la huella de uno de ellos (del inferior), y la otra al extremo de la altura del otro (del superior; ambos ramales tienen la dirección de 45.°, bisectriz del ángulo formado por la huella y la altura; el grueso de la chapa de fundición suele alcanzar á 16 milímetros; además las expresadas juntas, van convenientemente atornilladas. Esta clase de escaleras, van también arriostradas por los tirantes y tornillos pasadores, que median de una á otra testa del peldaño, y que en el dibujo se señalan por T.

Más ya hemos dicho que no suelen ser muy anchas estas escaleras, por lo quebradiza que es en sí la fundición y no admitir con ventaja, cargas por flexión, ni percusiones violentas; más á pesar de eso, si se diera fortuitamente el caso de tener necesidad de anchos relativamente holgados, entonces sería menester reforzar el peldaño, y lo haríamos dan-



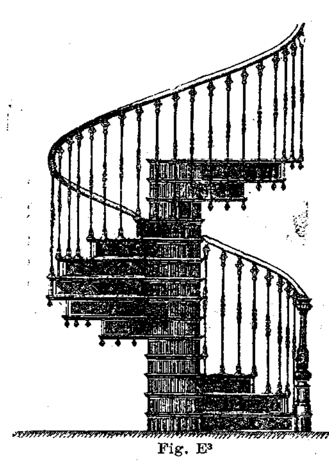
do más grueso á la fundición (fig. 564) en los medios de las huellas, y hácia la parte inferior en *a*, *a'*, *a''* etc , así como en los ángulos *b*, *b'*, *b''*, etc.; *c*, *c'*, *c''*, etc. Un ejemplo de escalera de esta clase se construyó en la gran escalera del Teatro de Montausier de París, y en ella los peldaños alcanzaban 2 metros de longitud ó ancho del tramo.

*Escalera con zanca.*—La zanca suele ser de palastro, y con ello, la escalera á de resultar de un sistema mixto. La figura 565, representa la disposición de sus peldaños con la expresada zanca que se dibuja en A, aquellos se encuentran enlazados con ésta por medio de los hierros en escuadra D, colocados interiormente, y al ras de las caras de testa. Las alturas de estos peldaños están acodadas en ángulo recto hácia la parte inferior, dando lugar á un ramal, por medio del que, se ensambla con la huella del peldaño inmediato inferior, á cuyo efecto, este último lleva un reborde ó pequeño saliente moldurado C, que sirve de cubrejunta, dando si cabe más fijeza al ensamble, el cual viene perfectamente consolidado, con el auxilio de los tornillos que se dibujan en la propia figura antedicha; finalmente las riostras ó tirantes pasadores con sus tornillos en las cabezas, afianzan por completo dichas dos zancas, haciéndolas inamovibles.

*Escaleras de alma*: vulgarmente llamadas de caracol, se construyen con anchos relativamente reducidos, para que ocupe poco lugar y se pueda ganar espacio, son á propósito para escaleras de servicio y comunicación, entre dos pisos consecutivos, como por ejemplo entre los sótanos y el piso de un almacén, cada peldaño lleva consigo en su parte extrema convergente; uno como anillo A, (fig. 566), como á raja de tambor, el cual armado de un resalto, enchufa perfectamente, en el inmediatamente inferior, como es de ver en las figs. 567 y 568, de esta manera, los peldaños superpuestos, apoyando unos pocos centímetros, van formando el alma de la escalera especie de núcleo cilíndrico como columna hueca, la cual para asegurar el total de la escalera se le introduce, (fig. 579) una barra de hierro, verdadera alma de la misma.

Es de advertir que cada contrahuella ó altura de peldaño, queda fijada sobre la huella inferior del peldaño que le precede, mediante un tornillo, introducido, entre dos salientes ú orejones, situados en los extremos de las piezas, tal como se indica en la planta de la fig. 566 con la letra B; así como los anillos C y D que lleva también consigo el peldaño, sir-

ven para ir afianzando los barrotes de la baranda de la escalera. La fig. E³ que representa el conjunto de una escalera de dicha clase, acabará de completar el conocimiento de la misma, evidenciando en su dibujo, el gran partido que puede sacarse de la fundición, para cuando se desee ornamentar algunos cuerpos, cuales son aquí, las alturas de los peldaños, así, con el alma dividida en rajas ó tambores, por medio de pequeños toros ó junquillos, relevando hojas dentro de cada anillo, lo cual contribuye á aligerar algún tanto el aspecto macizo de dicha alma, produciendo con ello mejor efecto perspectivo.


Fig. E³

En algunos casos, se ha hecho que cada pieza moldeada llevara consigo dos peldaños, para así evitar mayor número de juntas en los tambores y ser más expedita la colocación.

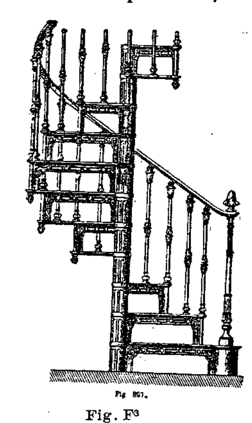
La fig. 569 nos muestra el perfil de una pieza de esta clase, en C, se dibuja el tornillo que fija la huella de un peldaño, con la contrahuella del siguiente; conviene que de esos tornillos, existan cuando menos, tres en cada línea de unión de un peldaño con otro, en la misma orilla ó borde de la cabalgadura, del modo como indican los puntos F, F, F en la fig. 570 así como la fig. 572 que representa una perspectiva de la pieza de doble peldaño, con su correspondiente sección de alma. Los ensanches E que se notan en el perfil, son á propósito para fijar los brazos *b* que han de sostener los barrotes ó balaustres de la escalera. Puede notarse aquí, que las huellas G, van estriadas ligeramente, según se ha indicado anteriormente, con motivo de que sea mayor la adherencia, al implantar el pie en su superficie. Las figs. 571 y 568 son la una referente al enlace de los tambores, y la otra la proyección vertical vista de frente, de la pieza fundida que abraza los dos peldaños.

Más ya hemos indicado que también se construyen peldaños fundidos, pero careciendo de contrahuellas, con motivo de aligerar más la pieza y hacerla más económica, la figura



573 nos ofrece un ejemplar de semejante peldaño, de todos modos, la huella va formando cuerpo con la correspondiente raja de alma que le corresponde, y esta lleva consigo un pequeño resalto *a*, por el cual encaja en el resalto igual é invertido de la pieza adjunta á ella y anterior: hacia la parte lateral ó de testa del peldaño lleva en la huella, tres rebordes *b*, *c*, *d*, que pueden servir para fijar los montantes de la barandilla y además también los extremos *b* y *d*, para fijar los peldaños en la cabalgadura, valiéndonos de tornillos, conforme hemos indicado precedentemente.

Pero lo más frecuente es, que cuando se trate de construir una escalera de fundición, sin que los peldaños lleven la correspondiente contrahuella, se refuercen por medio de un grueso nervio á lo largo de la arista saliente del peldaño, del modo como indica en *ab* la fig. 570, lo cual viene á constituir un sistema mixto entre el expuesto en las figuras 573 y 567 por lo regular las escaleras que hoy se construyen insiguiendo los sistemas precedentes, se estrian en el fuste de la columna que forma el alma, dando con ello apariencia de más esbeltez y ligereza en el contorno. La fig. F³ de conjunto de una escalera de esta clase, pondrá en evidencia, todas las explicaciones que anteriormente se han expuesto para cada uno de los detalles del conjunto.

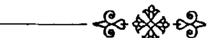

Fig. F³

Por regla general, el ancho del paso, en esa clase de escaleras circulares fluctúa desde 0'70 hasta 1ᵐ'10.

Cuando se quiera, unificar aún más, todos los tambores que forman el alma, puede situarse á distintos trechos de la misma, una serie de placas de figura triangular *abc* (fig. 578), oportunamente sujetas con las paredes interiores del cilindro que forma el *nabo* (así pueden ir acodadas, haciéndolas firmes por medio de pequeños tornillos); cada una de estas placas, tiene dispuestos tres agujeros *a*, *b*, *c*, por los cuales pasarán, vástagos de hierro de forma cilíndrica; y así estos, cogerán en toda la altura de la escalera, á todos los tambores haciéndolos solidarios entre sí, contribuyendo con ello, á

que el conjunto trabaje como si fuera una sola masa. La figura 579, aclara más semejante disposición, representando, una sección longitudinal, en la que se vé la placa antedicha, dibujada en *mn*, así como los vástagos pasadores verticales *a*, *b*, *c*, que unifican el sistema.

Finalmente en la L.ª 36, se dibujan tres modelos de escaleras, una de tramo recto (fig. 575), y las otras dos de tramo curvo (figs. 574 y 577), las que demuestran por sí solas, el partido que puede sacarse en la decoración de los peldaños, ya sea empleando placas perforadas, ó ya haciendo el ornato relevado.





# INDICE

## CAPITULO PRIMERO

OJEADA HISTÓRICA

Páginas

1, Principios. - 2, Edad del bronce. —3, Inconvenientes del bronce.—4, Edad del hierro.—5, Prácticas de los pueblos semisalvajes actuales para la extracción del hierro según descripción de Gmelin.—6, El hierro en las edades bíblicas.—7, Mungo Parck, su opinión sobre los primitivos medios de la reducción del hierro.—8, Criterio de Morliot y Quinquerez, para con respecto á los primitivos medios de reducción. - 9, Transición de la ventilación natural á la artificial.—10, Fuelles antiguos —11, El hierro en el antiguo Egipto.—12, El hierro en los pueblos Caldeo-Asirio, Nínive y Babilonia. - 13, El hierro en la fábula y en la Grecia.—14, Armas de los griegos y romanos.—15, El hierro en la antigua Roma. —16, Bomba hidráulica en la época romana —17, Empleo del hierro en las construcciones romanas.—18, El trabajo del hierro según Plinio.—19, Noticia de algunos centros metalúrgicos en Roma.—20, El hierro en la India.—21, El hierro cuando la invasión de los árabes.—22, El hierro entre los galos y bretones.—23, La fragua catalana.—24, Trabajos en la isla de Elba.—25, Arte de forjar el hierro en Bohemia.—26, Exportación de hierro en Vizcaya durante el siglo IX.—27, Trabajo en el siglo X en España y Paises Bajos.—28, Aparición del Stuckofen en Alemania y Borgoña.—29, Establecimientos de forjas en Kuisberwok.—30, Introducción de las forjas en Inglaterra.—31, Epoca medioeval.—32, Bisagras.—33, Bisagras de doble pata.—34, Bisagras afectando la forma de una C.—35, Falsa bisagra con soldadura.—36, Hierros de la puerta de la Catedral de Tarragona.—37, Herrajes de una puerta de Santa María del Mar de Barcelona.—38,

Herrajes de la iglesia de Blanzincourt.—39, Bisagra de la Catedral de Schlestadt.—40, Célebres bisagras de las puertas de la Iglesia de Nuestra Señora de París.—41, Grado de adelanto de los trabajos de hierro, en España, en los siglos XIV y XV.—42, Bisagras de la Abadía de Poissi.—43, Repujado en las bisagras.—44, Bisagra de una puerta alemana del siglo XV.—45, Verjas durante la Edad Media.—46, Verja de la Catedral en Tuy en Velay.—47, Reja catalana del siglo XIV.—48, Verja del siglo XII.—49, Verja del siglo XIII.—50, Verjas en el siglo XIV.—51, Verjas en el siglo XV.—52, Verja de la Catedral de Barcelona.—53, Modificaciones en las verjas, del siglo XV.—54, Verja del coro de San Saturnino de Tolosa.—55, Verja del coro de la Catedral de Tolosa.—56, Rejas de los Castillos feudales.—57, Célebre reja de una casa de la ciudad de Constanza.—58, Cambio que sufre el trabajo de las verjas y rejas en el siglo XVI.—59, Reja de la Catedral de Burgos.—60, Reja Salmantina.—61, Distintos sistemas de trabajar el hierro en la época de transición de los estilos gótico y renacimiento.—62, Verjas en el siglo XVIII.—63, Verjas en el estilo Barroco.—64, Veleta del siglo XVIII.—65, Balcón de Santa Coloma de Queralt.—66, Púlpitos.—67, Dificultades de los artistas, en el modelado de la figura humana entre los siglos XII al XIV.—68, Ejemplo de un llamador, procedente de la ciudad de Vich, siglo XIV.—69, Aldabón catalán, llamado *de la casa del Arcediano*.—70, Cerraduras, generalidades.—71, Cerraduras de guardas fijas.—72, Enumeración de los sistemas de cerraduras más notables.—73, Cerraduras antiguas.—74, Llaves.—75, Cofres.—76, Célebre Portahasta de la ciudad de Siena.—77, Candelabros y arañas de iluminación.—78, Grado de adelanto en que habían llegado los trabajos de hierro en el siglo XV.—79, Armazones para vidrieras.—80, Cañones para la artillería.—81, Hornos de Silesia en el siglo XIV.—82, Hornos en Inglaterra en el siglo XIV.—83, Minas de hierro en Daunemores en el siglo XV.—84, Transición del bajo al alto horno.—85, Los Flussoffen.—86, El primer cañón de fundición.—87, El mineralogista francés Agrícola.—88, Fuelle de Subsinger.—89, Legislación en el siglo XVI en Inglaterra sobre tala de Bosques.—90, Hornos de fundición en Harz, siglo XVI.—91, Empleo del carbón fósil.—92, Horno de reverbero.—93, Gustavo Adolfo.—94, Dudley.—95, Producción de hierro forjado en las colonias inglesas —96, La Trompa.—97, Los blats-fournaces.—98, Altos hornos en el Ural.—99, Harbourg.—100, Reaumur.—101, Darby.—102, Smeaton, Hiustman.—103, Watt.—104, Cort.—105, Homfray.—106, Lucas.—107, Empleo del Cok.—108, Aubertit.—109, Grane, Nelsson, Clay, Heath y Nasmith.—110, Bessemer.—111, Thomas.—112, Dancks y el pudelaje.—113, Martin-Siemens.—114, Resumen de los períodos notables en la industria metalúrgica.—115, El siglo del hierro.—116, Puentes y pasos, salvando grandes vados.—117, Grandes galerías. Estaciones de ferrocarril.—118, Mercados.—119, El andamio del monumento dedicado á Cristóbal Colón, en Barcelana.—120, La Torre Eiffel.—121, Célebre trabajo de foria con repujado en un medallón. . . . . . . . . . . 5 á 190



Páginas

## CAPITULO SEGUNDO

CONSIDERACIONES SOBRE LA NATURALEZA Y DISTINTAS CLASES DE MATERIA FÉRREA

122, Hierro.—123, Protóxido de hierro.—124, Peróxido de hierro.—125, Oxido magnético —126, Minerales de hierro.—127, División de los minerales en dos grandes agrupaciones.—128, Extracción del hierro. Método catalán.—129, Método de los altos hornos.—130, División ó nomenclatura de las fundiciones.—131, Afino.—132, Preparación del hierro puro.—133, Distintos estados del hierro.—134, Propiedades del hierro y sus caracteres especiales. Hierro dulce.—135, Límites correspondientes á los hierros menos carburados.—136, Fundición.—137, Acero.—138, Obtención del acero.—139, Aceros homogéneos y hetereogéneos.—140, Temple.—141, Recocido.—142, Defectos de los hierros.—143, Fraguas.—144, Fragua fija. . . . . . . . . 190 á 232

## CAPITULO TERCERO

ÚTILES Y HERRAMIENTAS EMPLEADAS POR LOS HERREROS Y CERRAJEROS

145, Fuelles.—146, Fuelle común —147, Fragua portátil.—148, Fragua Nordlinger con estufilla —149, Fragua Eufer.—150, Fragua ventilador.—151, Ventiladores.—152, Espetones.—153, Yunque.—154.—Bigornia.—155, Tajadera.—156, Martillo.—157, Tenaza.—158, Pinzas.—159, Estampa.—160, Estampillas.—161, Canalejas —162, Doile.—163, El Degüello.—164, Punzones.—165, Berbiquí.—166, Berbiqui de engranaje.—167, Berbiqui fijo.—168, Berbiqui portátil.—169, Taladro á pecho.—170, Máquinas para taladrar.—171, Torno.—172, Grandidores ó brocas.—173, Grifas, 174.—Cortafríos. 175, Buriles.—176, Burro, Borriquete ó Caballete.—177, Tornillo de Banco.—178, Tornillo portátil ó de Talón.—179, Tornillo de mano ó entenallas.—180, Tornillo Hanschwarz.—181, Terraja. Hilera.—182, Terraja simple.—183, Terraja de coginetes.—184, Tuercas.—185, Máquinas para

Páginas

tornillos y tuercas.—186, Limas.—187. Limas fuertes ó carreletas.—188, El Bruñidor.—189. Construcción de la lima. —190, Sieras.—191, Armandeles.—192, Escoplos y Gubias. —193, Tijeras.—194, Cizallas.—195, Cárcel ó apretador.—196, El Perro.—197, Fijador.—198, Llaves. Destornilladores.—199, Calibrador.—200, Encorvadora. . . . . . . . 232 á 280

## CAPITULO CUARTO

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES QUE SE PRACTICAN CON EL HIERRO EN LOS TALLERES

201, División del trabajo.—202, Trabajo en la fragua.—203, Trabajo en el yunque.—204, Perforaciones ó agujeros.—205, Pegadura y soldadura.—206, Trabajo en el Tornillo. Limado.—207, Pulimentar.—208, Burilar.—209, Tornear.—210, Alisar.—211, Cepillar.—212, Preservación del hierro de la herrumbre ú orín. . . . . . . . . . . . . . . 280 á 307

## CAPITULO QUINTO

FORMAS DE LOS HIERROS QUE SE EMPLEAN EN LA CONSTRUCCIÓN Y QUE SE PROPORCIONAN YA FABRICADOS

213, División en clases.—214, Clavetería.—215, Alcayatas.—216, Puntas de París.—217, Clavos rebatidos. Numenclatura catalana.—218, Fabricación de clavos.—219, Fabricación de Alcayatas.—220, Clavos artiguos.—221, Pernos.—222, Roblones.—223, Roblonado mecánico. Remachadoras. —224, Remachadora hidráulica.—225, Remachadoras neumáticas.—226, Formas del roblón.—227, Hierros de hendería.—228, Hierros de batería ó Palastrería.—229, Palastro ondulado.—230, Hierro de Hilandería. Empleo del *zinc*. —231, Hierros especiales.—232, Rails ó Rieles.—233, Laminador.—234, Columnas y objetos de fundición.—235, Ensambles especiales de Mr. Barberot. . . . . . . . . . 307 á 374

## CAPITULO SEXTO

ENSAMBLES

236, Preliminares.—237, Ensambles de encuentro.—(*a*) Caja y espiga. (*b*) Caja y espiga con robladura. (*c*) Espiga pasante con clavija. (*d*) A ojal y con refuerzo. (*e*) A horquilla. (*f*) De Collar. (*g*) Oblicuo á tenaza. (*h*) De barbilla. (*i*) Tuerca y tornillo. (*j*) De bastidor y tornillo. (*k*) A junta plana. (*l*) Ensambladura de cincho. (*m*) A cola de milano. —238, Ensambles de hierros de simple T y de doble T.—239, Ensambles de ángulo.—240, Ensambles cruzados. . . . . 374 á 407



## CAPITULO SEPTIMO

EMPALMES

241, Preliminares. (*a*) A junta plana. (*b*) A simple oreja. (*c*) A doble oreja. (*d*) A Tenaza. (*e*) De talón y llave. (*f*) De talón, pernos y cajas de retención.—242, A rayo de Júpiter. Distintas variaciones.—243, A Tuerca y Tornillo. Distintas variaciones.—244, Por encepadura.—245. De ligaduras —246, De torsión.—247, Por encepadura, corchete y pernos.—248, Empalmes de palastro. Distintas variaciones.—249, Empalmes empleando pernos.—250, Empalmes de planchas de fundición.—251, Pernos defendidos. 252, Empalmes en los tubos para cañerías.—253, Empalmes para Rails ó Rieles.—254, Cojinetes.—255, Empalme con pegadura.—256, Empalmes especiales para columnas. . . . . 407 á 448

## CAPITULO OCTAVO

REFUERZOS. — ACOPLADURAS. — CEPOS

257, Preliminares. (*a*) Simple acopladura por canto. (*b*) y (*c*) Variaciones, del anterior. (*d*) Sistema Kaulech. (*e*) Variación del anterior. (*e*) Sistema de placa y subplaca. (*g*) Sistema de simple plastro con escuadras. (*f*) Sistema tubular. (*i*) Sistema de enrejado ó celosía. (*j*) y (*k*). Variante del anterior. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 448 á 462

## CAPITULO NOVENO

ENTRAMADOS HORIZONTALES (TECHOS)

258, Preliminares.—259, Sistema Vaux.—260, Sistema Kaulech-Mignon.—261, Sistema Baudrit.—262, Sistema Jeannete.—263, Sistema Jaï.—264, Plafones decorados.—265. Vigas y contraviguetas.—266, Sistema Zores, con vigas en U y en V ó Hierros cónicos.—267, Sistema Husson Bertran.—268, Sistema Armand.—269, Sistema de jácenas en celosía —270, Ensambles especiales para los pisos ó suelos de hierro. 462 á 492

Páginas

## CAPITULO DECIMO


ENTRAMADOS VERTICALES (MUROS)

271, Descripción de un entramado vertical construído con hierro, detallando los enlaces más principales, así como de los muy especiales de Mr. Liger. . . . . . . . . . . . . 492 á 499


## CAPITULO UNDECIMO


ENTRAMADOS INCLINADOS (CUBIERTAS)

272, Preliminares.—273, Cuchillos á una agua.—274, Tipo de cuchillos compuestos, de pares, pendolón y tirante.—275, Tipo de cuchillos con tornapuntas. Sistema inglés.—276, Sistema Polonceau.—277, Pares con celosía en el sistema Polonceau.—278, Tipo de cuchillo en el sistema de simple palastro.—279, Cuchillos curvilíneos.—280, Bóvedas compuestas. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 499 á 546


## CAPITULO DUODECIMO


ESCALERAS

281, Preliminares. Escalera de ida y vuelta. Fijación de la barandilla. Escalera á la molinera. Peldaños á la francesa. Varios procedimientos para la estructura y construcción de los peldaños Distintos sistemas, para la estructura de la zanca.—282, Escaleras de fundición. Escaleras de alma y planta circular. . . . . . . . . . . . . . . . . . 546 á 568


# ERRATAS

| Página | Línea | Dice | Debe decir |
|---|---|---|---|
| 10 | 12 (nota) | americados | americanos |
| 29 | 33 | Peloponero | Peloponeso |
| 40 | 12 (nota) | heraclea | Heraclea |
| 56 | 12 | Tas porgas | Las porgas |
| 57 | 28 | cadela | cadera |
| 58 | 5 | segunda | seguida |
| 60 | 39 | creitos | creidos |
| 92 | 31 | fig. H | fig. K (1) |
| 104 | 14 | una de un diagonal | una de sus diagonales |
| 114 | 13 | se habia | se habrá |
| 119 | 40 | el remadro | el recuadro |
| 153 | 41 | barico | basico |
| 177 | 7 | deficultades | dificultades |
| 178 | 1 | profundo | profundos |
| 178 | 4 | de la futuras | de las futuras |
| 196 | 22 | especial común | especular común |
| 235 | 35 | é este | á este |
| 253 | 6 | luna | lima |
| 285 | 23 | colidifica | solidífica |
| 348 | 28 | fig. 116 | fig. 216 |
| 359 | 26 (nota) | paró | pasó |
| 415 | 30 | hierro | hueco |
| 425 | 33 (nota) | instituyendo | sustituyendo |
| 430 | 8 (nota) | $\frac{D}{d} > \sqrt{\frac{E^2}{2} + \frac{1}{4}}$ | $\frac{D}{d} \sqrt{\frac{E}{2} + \frac{1}{4}}$ |
| 443 | | Al final de la nota se ha de suprimir lo comprendido en esa clave. | y en ellas se sujetan los carriles por las clavetas G. |
| 529 | 37 | llenar esta | reforzar esta |
| 530 | 10 | enlace | enlace, |
| 530 | 26 | sistema | sistema, |
| 534 | 1 | que realmente | que verdaderamente |
| 538 | 22 | 511″ | 517″ |
| 538 | | (En esta página la nota (1)). | |
| 539 | 34 | 568‴ | 518‴ |
| 541 | 14 | constructor | constructivo |
| 541 | 21 | ejemplos | y ejemplos |
| 543 | 3 | en un radio | un radio |

(1) Se advierte aquí, que el arco conopial de que se habla, no consta en la fig. K, pues se halla como es natural, establecido inferiormente, del remate que se dibuja, pero eso no obsta para que el lector, se haga cargo, de dicho arco.